

PRZEGLĄD ŁĄCZNOŚCI

ZESZYT 1-4, ROK 1948

WARSZAWA

STYCZEŃ – MARZEC

Adres Redakcji:

Redakcja »Przeglądu Łączności« — Główny Inspektorat Łączności
Warszawa 1, Aleja Niepodległości 243.

Brzmienie konta czekowego PKO:

»Przegląd Łączności« — Redakcja, Warszawa 1, nr konta I-4486

D — 018797

PRZEGLĄD ŁĄCZNOŚCI

KWARTALNIK

WYDAWANY PRZEZ GŁÓWNY INSPEKTORAT ŁĄCZNOŚCI

PRZY WSPÓŁPRACY

WOJSKOWEGO INSTYTUTU NAUKOWO-WYDAWNICZEGO



ZESZYT 1 STYCZEŃ-MARZEC 1948 ROK

1

Treść artykułów jest wyrazem osobistych poglądów autora na daną sprawę

TREŚĆ

TAKTYKA

WYSZKOLENIE

TECHNIKA



Mjr ROŚCISŁAW KSIONDA

ORGANIZACJA ŁĄCZNOŚCI W OBRONNEJ OPERACJI ARMII

Zgodnie z ogólnymi zasadami organizacji naziemnych działań obronnych — organizacja łączności musi zapewnić możność dowodzenia armią ze stanowiska dowodzenia, z zapasowego stanowiska dowodzenia i z punktu obserwacyjnego dowódcy.

Dowódca armii i jego sztab muszą mieć zawsze dobrą i trwałą łączność z:

— oddziałami (jednostkami) przesłaniającymi;
— dywizjami pierwszego pasa obrony;
— dywizjami drugiego pasa obrony;
— własnymi odwodami (panc. i ppanc.);
— ewent. obsadą trzeciego pasa obrony;
— lotnictwem wspierającym.

Ponadto należy dążyć do zapewnienia bezpośredniej łączności drugich rzutów sztabów dywizji, armii i frontu ze sobą.

1. Łączność radiowa

Organizuje się na identycznych zasadach jak w działaniach zaczepnych.

Sieci dowodzenia i sieci współdziałania zestawia się z takim obliczeniem, by każde z taktycznych zainteresowań dowódcy i sztabu było spełnione bez przeciążania którejkolwiek sieci.

Według postanowień regulaminowych łączność radiowa w obronie zaczyna czynną pracę (nadawanie) dopiero po rozpoczęciu ataku nieprzyjaciela i tylko wówczas, gdy inne środki łączności zaczynają wskutek uszkodzeń zawodzić.

Do tego czasu wszystkie radiostacje prowadzą nasłuch.

Nadawanie sygnałów radiowych od ubezpieczeń i oddziałów przesłaniających nie podlega ograniczeniom.

Rozkaz o przejściu radiostacji na nadawanie ma prawo wydać tylko dowódca względnie szef sztabu jednostki, do której radiostacje należą.

Odbywa się to przez nadanie z góry ustalonego sygnału z głównych radiostacyj sieci.

W technicznym przygotowaniu i organizowaniu łączności radiowej należy pamiętać o:

— uprzednim wystrojeniu i wyskalowaniu aparatury;
— zabezpieczeniu zaopatrzenia w baterie i inny sprzęt zużywalny;
— zapewnieniu sprawnego ładowania akumulatorów;
— jak najlepszym schronieniu i zamaskowaniu radiostacji;
— zapewnieniu sprawnej kontroli pracy w sieciach;
— pozostawieniu wystarczającego odwodu w dyspozycji szefa łączności.

Jeżeli zezwalają na to posiadane środki, należy zorganizować specjalną i niezależną sieć drugich rzutów sztabów.

2. Łączność przewodowa

Układ sieci łączności przewodowej w obronie stałej różni się zasadniczo od układu stosowanego w działaniach zaczepnych.

W obronie sieć przewodowa również musi dać łączność na wszystkich kierunkach taktycznych zainteresowań dowódcy i sztabu. Jednak, jeżeli w natarciu wszystkie siły i środki łączności podciągamy jak najbliżej do przodu, system łączności budujemy w oparciu o oś łączności, a technika wykonania ma charakter lżejszy i bardziej tymczasowy — to w obronie system łączności bazuje się na węzłach urzutowanych w głąb. Wszystkie siły i środki ueszelonowane są na poszczególnych pozycjach obrony, a wykonanie linii i urządzeń technicznych jest bardziej trwałe, możliwie zabezpieczone przed zniszczeniem i chroniące przed podsłuchem nieprzyjaciela.

Celem zwiększenia trwałości systemu łączności przewodowej powinno się wykonać trzy zasadnicze sieci:

a) sieć sztabów łączącą bezpośrednio sztab przełożonego ze sztabami podwładnych i przechodzącą przez zapasowe stanowiska dowodzenia podwładnych;
b) sieć punktów obserwacyjnych łączącą bezpośrednio punkt obserwacyjny dowódcy z punktami obserwacyjnymi podwładnych (przynajmniej na głównym kierunku taktycznym);
c) sieć zapasowych stanowisk dowodzenia łączącą bezpośrednio zapasowe stanowisko dowodzenia dowódcy z ZSD podwładnych.

Jeżeli czas i środki zezwalają, trzeba wykonać jeszcze czwartą sieć, tj. sieć bezpośrednio łączącą drugi rzut sztabu dowódcy z drugimi rzutami sztabów podwładnych.

Od sztabu dywizji w dół linie buduje się wyłącznie dwuprzewodowe (dwa przewody na tych samych podporach), a od sztabu pułku w dół linie należy prowadzić wyłącznie ukryte w rowach łącznikowych lub specjalnych rowkach (oczywiście też dwuprzewodowe).

Od sztabu dywizji w górę buduje się i wykorzystuje przeważnie linie stałe (na słupach).

Wszystkie linie przewodowe należy trasować w miarę możności za pozycjami położonymi bardziej z tyłu i za pozycjami ryglowymi. Przebieg ich musi dawać możność wykorzystania również przy wycofywaniu się na dalsze pozycje.

Należy też uwzględnić wyniki analizy terenu i planu przeprowadzenia bitwy obronnej, żeby uniknąć budowy linii w terenie szczególnie narażonym na napad broni panc. nieprzyjaciela i również przeznaczonym na ruchy własnych jednostek o ciągu motorowym.

W obronie należy szczególnie pilnie przestrzegać zasad budowy poszczególnych linii z dala od szlaków komunikacyjnych i w sposób rozrzucony, tzn. każdą linię — swoją własną, osobną trasą. Polowe linie kablowe i z materiałów zastępczych, budowane nie w rowach i w rowkach, nie mogą leżeć wprost na ziemi, lecz muszą być starannie zawieszone i umocowane na podporach naturalnych lub na mocnych tyczkach (żerdziach).

Cały system sieci przewodowej musi być związany w kilku węzłach łączności dających możność uzyskania kierunków okrężnych i rozbudowy nowych połączeń w dynamice boju.

Węzły te winny być umieszczone za pasami sztucznych lub naturalnych przeszkód i w rejonach przeciwpancernych.

Skład i rozmieszczenie odwodów łączności przewodowej muszą być starannie przemyślane i uzasadnione przewidywaniami rozwoju akcji.

W pierwszym rzędzie muszą one być nastawione w kierunku działania własnych odwodów ogólno-wojskowych i w miarę możności muszą wykonać, albo przynajmniej przygotować, łączność na podstawach wyjściowych do przeciwnatarć.

Oddziały przeciwnacierające w ogóle muszą być wyposażone w łączność tak, jak do normalnego natarcia, muszą mieć szefa kierunku łączności oraz przygotowaną sieć łączności i oś łączności na każdej z podstaw wyjściowych do przeciwnatarcia w każdym z przewidzianych kierunków.

Licząc się z możliwością następnego przejścia własnych jednostek do dalszych działań zaczepnych szef łączności musi jak najbardziej zużytkować i wykorzystać miejscowe i zastępcze środki łączności i materiały budowlane rezerwując w jak największym procencie sprzęt etatowy.

W końcu — uwaga o doniosłym znaczeniu praktycznym. W obronie sieć łączności przewodowej jest bardzo silnie rozbudowana. W terenie, szczególnie w pasie pierwszych kilku kilometrów od przedniego skraju, sieć przewodowa stanowi prawdziwą siatkę i, niestety, nieraz po prostu zupełną plątaninę różnych drutów, oddziałów i rodzajów broni. W wypadku najmniejszego uszkodzenia, trafnego pocisku itp. praca patroli liniowych, doprowadzenie sieci do porządku i połączenie właściwych końców oberwanych wielu, a nieraz i dziesiątków przewodów — wszystko jest niezmiernie trudne i, jak wskazuje doświadczenie wojenne, prowadzi do dużych opóźnień i pomyłek. Wobec tego, że obecnie nie posiadamy kabla barwionego (niebieski — łączność; czarny — pułki piechoty; czerwony — artyleria; żółty — inne oddziały), szef łączności każdego szczebla dowodzenia powinien ująć inicjatywę w swoje ręce oraz zmusić podległych szefów łączności do uregulowania i uzgodnienia tych spraw z podwładnymi i współdziałającymi oddziałami, po prostu do wyznaczenia i dopilnowania kierunków i tras w terenie, którymi mają przebiegać poszczególne linię tak, by nie tworzyły nieuporządkowanego kłębowiska, żeby się jak najmniej wzajemnie przecinały, by sam sposób budowy już odróżniał jeden system od drugiego (np. pułki piechoty tylko w rowkach; łączność dywizyjna i armijna — tylko na mocnych żerdziach; artyleria — tylko na tyczkach i po ziemi itp.).

3. Ruchome środki łączności i poczta polowa

Organizacja łączności środkami ruchomymi w obronie nie różni się zasadniczo od sposobu użycia tych środków w działaniach zaczepnych.

W realizacji systemu należy pamiętać o staranniejszym, niż w szybkich działaniach zaczepnych, wyborze tras kursowania gońców tak, by łączność nie cierpiała wskutek ewent. zatarasowania dróg i ciaśnin.

Na niższych szczeblach dowodzenia (dywizja i w dół) ruch gońców będzie się z natury rzeczy odbywał w dużym stopniu, jeśli nie wyłącznie w systemie rowów ciągłych i łącznikowych, co zmusza do bardzo skrupulatnego przestudiowania w terenie ich przebiegu.

Płk MICHAŁ JAKOWLEW

KRÓTKI ZARYS ROZWOJU HISTORYCZNEGO METOD DOWODZENIA

Potrzeba organizowania sztabów jednostek (oddziałów) wyłoniła się stosunkowo niedawno łącznie z unowocześnianiem sposobów walki, co pociągało za sobą stały wzrost wymagań stawianych dowódcy.

Rozmiary organizacji sztabu zależą nie tylko od szczebla dowodzenia, ale od jego systemu i metod.

System oraz metody dowodzenia zależą z kolei od taktyki, którą określa organizacja wojsk, jakość i ilość ich uzbrojenia oraz stopień opanowania posiadanych środków walki.

W miarę rozwoju techniki uzbrojenia, co wiąże się ściśle z warunkami ekonomicznymi danego państwa, zmienia się też taktyka i uzbrojenie wojsk, a wraz z tym zwiększają się trudności w dowodzeniu.

W początkach XIX wieku, w epoce wojen napoleońskich, walka zaczynała się, rozwijała i kończyła na ograniczonej przestrzeni. Zasięg ognia karabinowego sięgał zaledwie 250 m, zasięg ognia dział nie przewyższał 1,5 km. Ten mały zasięg skuteczności ognia pozwalał na organizowanie ugrupowań oddziałów w bezpośredniej styczności z nieprzyjacielem. Niewielki obszar pola walki pozwalał na osobiste kierowanie walką nie tylko niższym dowódcom, ale nawet dowódcy całej armii. W roku 1809, w bitwie pod Wagram, Napoleon znajdował się w odległości zaledwie 3 do 4 km od najdalszego punktu ugrupowania bojowego swej armii, co pozwalało mu na osobistą obserwację pola walki. Dla zorganizowania bitwy Napoleon osobiście dyktował rozkazy swym adiutantom, lub opracowywał je sam, a szef sztabu (marszałek Berthier) przepisywał je tylko i rozsyłał przez oficerów ordynansowych, którzy wchodzili w skład jego sztabu.

Sztab Napoleona był niejako jego podręczną kancelarią, a oficerowie sztabu adiutantami, a nawet niejako sekretarzami dowódcy. Dowodzenie wojskami było wówczas bardzo upro-

szczone i dla jego organizowania nie było potrzeby posiadania sztabu w obecnym pojęciu. Ten okres w dowodzeniu cechuje bezpośredniość; dowódca sam zbiera dane, pobiera decyzje, opracowuje rozkazy i tylko rozsyła je przez oficerów ordynansowych obserwując osobiście przez cały czas pole walki i reagując bezpośrednio na zmianę sytuacji. W drugiej połowie XIX wieku zachodzą duże zmiany w uzbrojeniu wojsk a w związku z tym i zmiany w taktyce walki. Skuteczność ognia karabinowego sięga już do 1200 m, artyleryjskiego zaś do 3,5 km. Ogień ten uniemożliwia zorganizowanie ugrupowania bojowego bezpośrednio na polu walki, w pobliżu nieprzyjaciela i pod jego obserwacją, co powoduje, że zbliżanie się do nieprzyjaciela odbywa się na szerszym froncie niewielkimi kolumnami, a nawiązanie walki następuje bezpośrednio z marszu bez uprzedniego ustawienia wojsk na polu walki. W związku z tym zwiększa się znacznie obszar pola walki, na którym powstają poszczególne ogniska zmagań.

Wszystko to w znacznej mierze utrudnia dowodzenie. Nie tylko dowódcy armii, ale i dowódcy mniejszych ugrupowań nie mają już możności bezpośredniego kierowania walką na podstawie osobistej obserwacji pola walki. Wielkiego znaczenia nabiera wykazywanie własnej inicjatywy poszczególnych dowódców (pułków i dywizji) w sposobie wykonania rozkazu przełożonego, który daje w nim tylko ogólne wskazówki dla osiągnięcia pierwszych celów.

Zbieranie danych o sytuacji i przekazywanie rozkazów przez oficerów ordynansowych nie odpowiada już wymaganiom prowadzenia walki na większych obszarach.

Dużym osiągnięciem w rozwiązaniu tego zagadnienia było wprowadzenie do armii nowego technicznego środka dowodzenia — telegrafu. Kierowanie walką na niższych szczeblach odbywało się z punktu obserwacyjnego. Dowódcy korpusów ze swymi sztabami znajdowali się zwykle w rejonie stanowisk artylerii, a sztaby dywizji najczęściej na granicy ognia karabinowego nieprzyjaciela. Już wtedy, w wypadku dłuższego przebywania w bezpośredniej styczności z nieprzyjacielem, dzielono sztab dywizji na dwa rzuty w celu uniknięcia zbytecznych strat.

Ze względu na brak możności osobistego obserwowania przez dowódcę w dostatecznym stopniu całego pola walki, konieczne stało się organizowanie dodatkowej obserwacji, której rezultaty meldowano w sztabie.

Stale wzrastająca ilość i jakość środków ogniowych oraz zasięg samego ognia wymagał od dowództwa przewidywania możliwych zmian sytuacji, co z kolei wymagało dobrze zorganizowanego rozpoznania. Rozwój uzbrojenia wojsk powodował

narastanie trudności w dowodzeniu i dla pokonania ich sztaby zaczynają brać czynny udział w kierowaniu wojskami. Organizacja rozpoznania, dodatkowa obserwacja, dostarczanie pilnych i bardzo pilnych meldunków do wyższego sztabu — oto część pracy wykonywanej przez sztab.

Początek XX wieku cechuje szerokie zastosowanie szybkostrzelnej broni automatycznej, której zasięg ognia wzrósł do 2 km (ciężkie karabiny maszynowe), co w rezultacie doprowadziło do dalszych zmian w sposobie prowadzenia bitwy. Siła ognia piechoty i artylerii broniącego się przeciwnika zmusiła własną nacierającą piechotę do wykorzystywania terenu i okopywania się podczas natarcia. Ugrupowania bojowe przybrały wygląd szeroko rozwiniętych wzdłuż frontu linii okopów i ognia, wobec czego pojawiła się tzw. „pustka“ pola walki mimo liczebnego wzrostu armii („armia zaryła się w ziemię“). W rezultacie nasuwała się konieczność rozwiązania szeregu zagadnień związanych z dowodzeniem na szerokich przestrzeniach, a szczególnie w organizowaniu szybkiej i ciągłej łączności dowódcy z wojskami, artylerii z piechotą oraz łączności między sąsiadami. Problem ten został częściowo rozwiązany przez zastosowanie nowego środka technicznego — telefonu. Szefa sztabu obarczono odpowiedzialnością za organizację oraz nieprzerwane działanie łączności.

Konieczność organizacji współdziałania między sąsiadami i wojskami wsparcia oraz wydawania rozkazów bojowych i zarządzeń tak ustnych jak i pisemnych jeszcze bardziej utrudniała dowodzenie i pracę sztabu.

Wreszcie wojny w pierwszej połowie XX wieku, odznaczające się wyjątkowym nasileniem techniki, motoryzacji i mechanizacji wojsk, wymagały gruntownej znajomości rzemiosła wojennego, specjalizacji żołnierza walczącego i wielostronności sztabów.

Rozpracowanie działań i współdziałania między poszczególnymi rodzajami wojsk w oparciu o zasadniczy rdzeń armii, jakim jest piechota, i skierowanie ich zgodnego wysiłku dla jedynego celu — osiągnięcia zwycięstwa w ramach postawionych zadań, wymagało od sztabu gruntownej znajomości zasad walki i możliwości poszczególnych rodzajów wojska, by na tej podstawie móc planować działania, konsekwentnie je przeprowadzać, zapewnić sobie wpływ na ich przebieg, a więc kierować i dowodzić.

Wszystko to doprowadziło w ramach organizowanych sztabów do zróżniczkowania zakresu kompetencji i zadań tak oficerów sztabu, jak i całych komórek czy jego oddziałów. Od ich zharmonizowanej współpracy między sobą i ze sztabami współdziałających wojsk walczących zależy osiągnięcie powodzenia.

Płk MICHAŁ JAKOWLEW

ORGANIZACJA ŁĄCZNOŚCI W BAONIE PIECHOTY ARMII USA W NATARCIU I OBRONIE

(Opracowano na podstawie materiału zaczerpniętego z pisma „Wojennyj Swiazist" nr 9, sierpień 1946 r.)

Łączność w armii USA organizuje się według ogólnie przyjętych zasad, tzn. od sztabu wyższego do podwładnych. Nie zwalnia to jednak tych ostatnich od obowiązku nawiązywania łączności w czasie walki kosztem użycia nawet wszystkich posiadanych środków, jeśli tylko zachodzi tego nieodzowna potrzeba.

Dla dowodzenia wojskami w walce wykorzystuje się wszystkie rodzaje łączności. Łączność przewodową organizuje się osiową i kierunkową. W łączności przewodowej używane są aparaty induktorowe i brzęczykowe. Aparaty induktorowe używane są dla łączności do kompanii piechoty włącznie, brzęczykowe zaś dla łączności wewnętrznej w kompanii.

Charakterystycznym szczegółem w organizacji łączności w armii amerykańskiej jest posiadanie łączności telegraficznej nie tylko między sztabami większych jednostek, ale również i między sztabami pułków piechoty i stanowisk dowodzenia batalionów piechoty.

Łączność radiową organizuje się, jak zwykle, w postaci sieci i kierunków.

Rodzaje i sposoby łączności określa dowódca jednostki odpowiednio do rodzaju walki dając konkretne zadania szefowi łączności. Do rozbudowy i utrzymania łączności w batalionie piechoty służy pluton łączności, który składa się z drużyny przewodowej, radiowej i gońców.

Pluton łączności rozbudowuje i obsługuje węzeł łączności na stanowisku dowodzenia dowódcy batalionu a także utrzymuje łączność z kompaniami i pododdziałami wspierającymi. W porównaniu do własnej organizację łączności USA cechuje znacznie większe nasycenie środkami łączności radiowej.

Pluton łączności wyposażony jest w radiostacje „SCB-284", „SCB-300" i „SCB-536", aparaty telefoniczne „EE-8A", aparaty brzęczykowe, łącznice induktorowe „WD-71", aparaty telegraficzne „TC-5" i polowy dwuprzewodowy kabel telefoniczny.

Przenośna radiostacja „SCB-284" przeznaczona jest dla łączności ze sztabem pułku. Nadajnik tej radiostacji pracuje w zakresie 3,8 do 5,8 Mc; posiada zasięg: telegraf do 50 km, telefon do 25 km. Radiostacja mieści się w kilku oddzielnych skrzynkach.

Do łączności między batalionem a kompanią używa się radiostacji „SCB-300" o zasięgu do 8 km. Cała radiostacja mieści się w jednej skrzynce. Antena prętowa wysokości około 3 m. Źródła zasilania — suche baterie.

Wewnątrz kompanii łączność radiową utrzymuje się za pomocą radiostacyj typu „SCB-536" o zasięgu do 2 km (waga około 2,5 kg).

Organizacja łączności w batalionie piechoty armii USA w natarciu

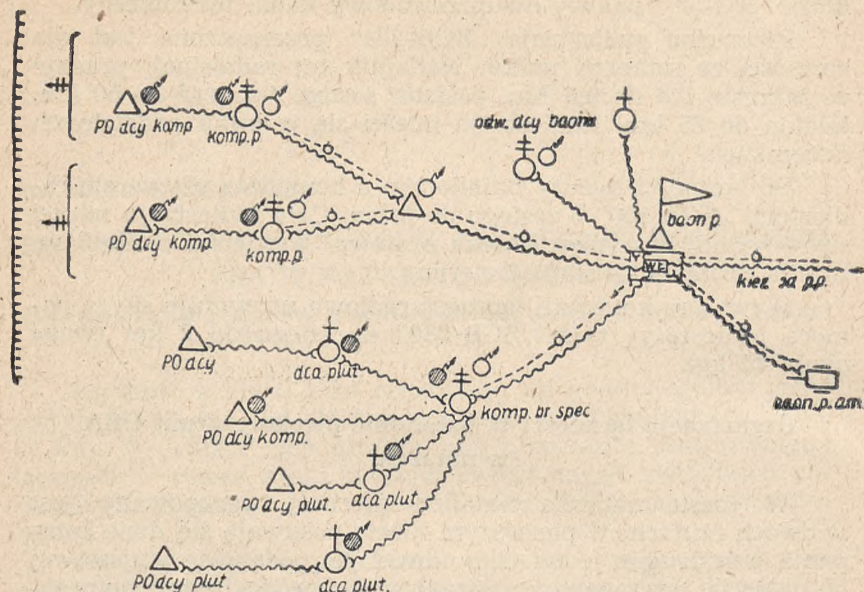
W czasie natarcia batalion piechoty ugrupowany jest w dwóch rzutach; w pierwszym rzucie posuwają się dwie kompanie, a w drugim jedna jako odwód. Na podstawie wyjściowej do natarcia, na stanowisku dowodzenia dowódcy batalionu organizuje się węzeł łączności wyposażony w środki łączności przewodowej i radiowej. Centralę telefoniczną urządza się za pomocą łącznicy „WD-71" i do niej włącza się wszystkie linie z aparatami induktorowymi. Poszczególne aparaty brzęczykowe łączy się ze sobą oddzielnymi liniami.

Dowódca batalionu utrzymuje łączność przewodową ze sztabem pułku, ze swoim posterunkiem obserwacyjnym, z kompaniami piechoty, kompanią ciężkiej broni i oddziałami wspierającymi.

Między sztabem pułku a stanowiskiem dowodzenia batalionu rozwija się jedną dwuprzewodową linię kablową (środkami łączności pułku). Na linii tej utrzymuje się łączność przewodową telefoniczną i telegraficzną przy zastosowaniu transformatora Picara (Symultan).

Łączność telefoniczną z kompaniami organizuje się zwykle przez posterunek obserwacyjny dowódcy batalionu; łączność z dowódcą kompanii ciężkiej broni organizuje się przez łącznicę węzła. Celem łączności wewnętrznej w kompanii broni ciężkiej używa się aparatów brzęczykowych i linie telefoniczne doprowadza się do posterunków obserwacyjnych dowódców plutonów.

Na rys. 1 przedstawiony jest sposób organizacji łączności w baonie piechoty armii USA w natarciu.



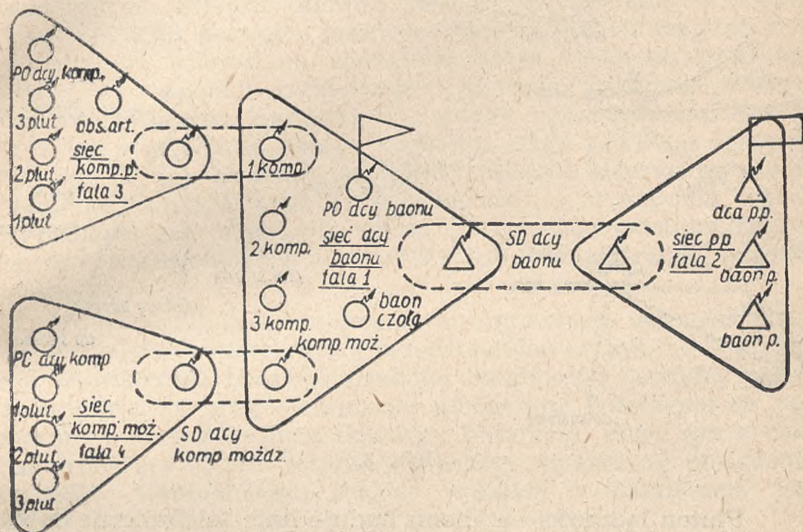
Rys. 1.

Oprócz łączności telefonicznej w batalionie piechoty w natarciu szeroko stosowana jest łączność radiowa uważana za zasadniczy środek łączności. Środki łączności batalionu pracują w dwóch sieciach: w sieci dowodzenia dowódcy pułku i w sieci dowodzenia dowódcy batalionu. W sieci dowodzenia dowódcy pułku pracują radiostacje „SCB-284“, w sieci dowodzenia dowódcy batalionu pracują radiostacje „SCB-300“. Dowodzenie plutonami w kompaniach prowadzi się wyłącznie za pomocą radiostacyj. W sieciach dowodzenia dowódców kompanii piechoty używa się radiostacji „SCB-536“.

Na rys. 2 przedstawiony jest sposób organizacji łączności radiowej w batalionie piechoty armii USA w natarciu.

Łączność współdziałania w batalionie piechoty w natarciu utrzymuje się wyłącznie przez radio tak z czołgami, artylerią jak i sąsiednimi jednostkami. W tym celu dowódcy jednostek czołgowych i artyleryjskich za pomocą oddzielnych radiostacyj wchodzą w skład sieci batalionów i kompanij, a łączność z sąsiadami utrzymuje się przez sieć dowodzenia pułku.

W czasie walki w głębi obrony nieprzyjaciela jedynym środkiem dowodzenia jest radio. Łączność radiowa dublowana jest sygnalizacją optyczną (najczęściej rakiet, dymów kolorowych itp.), za pomocą której nadawane są uprzednio ustalone znaki (sygnały) np. o osiągnięciu oznaczonych rejonów (wysokości), żądania przeniesienia ognia artylerii, dla nadania sygnałów lotnictwa itd.

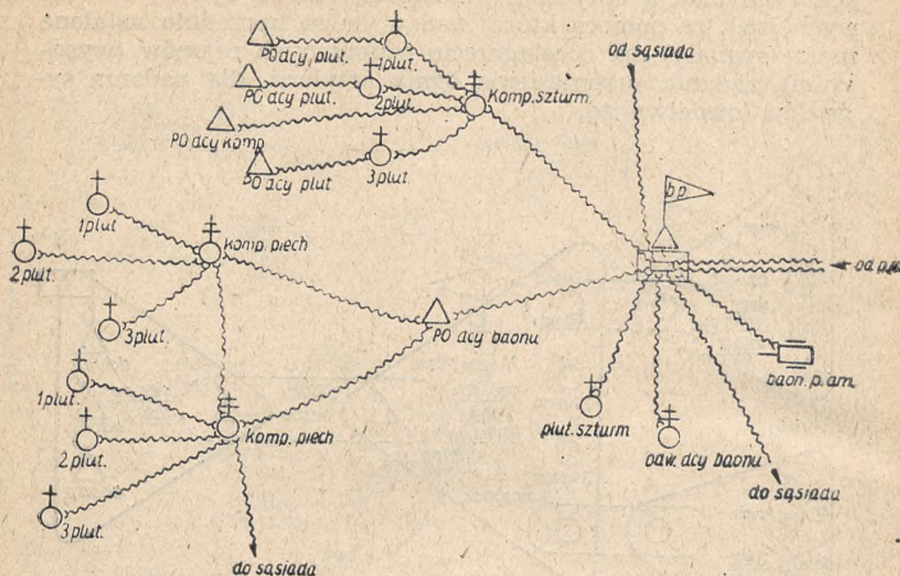


Rys. 2.

Organizacja łączności batalionu piechoty armii USA w obronie

System obrony w armii USA polega na oddzielnych punktach oporu składających się z batalionowych i kompanijnych odcinków obrony. Łączność batalionu piechoty w obronie cechuje szeroko rozwinięta sieć telefoniczna, na której opiera się w dużej mierze dowodzenie podwładnymi i wspierającymi jednostkami (pododdziałami). Na stanowisku dowodzenia batalionu organizuje się węzeł łączności składający się z centrali telefonicznej, ekspedycji i oddzielnych radiostacyj. Dowódcy batalionów utrzymują łączność telefoniczną między swymi stanowiskami dowodzenia a sztabem pułku co najmniej na dwóch liniach polowych z kabla dwuprzewodowego. Dla łączności telegraficznej nie buduje się specjalnych linii, wykorzystuje się natomiast jedną z linii telefonicznych. Łączność pułk — batalion utrzymuje drużyna wydzielona z plutonu łączności pułku, która w czasie walki znajduje się zwykle na stanowisku dowodzenia batalionu.

Na rys. 3 przedstawiony jest schemat organizacji łączności w batalionie piechoty armii USA w obronie.



Rys. 3.

Pluton łączności batalionu buduje linie telefoniczne do stanowisk dowodzenia poszczególnych dowódców kompanii piechoty i kompanii broni ciężkiej (moździerzy). Wewnątrz kompanii łączność telefoniczna wykorzystana jest tylko do kierowania ogniem podległych pododdziałów i do dowódców poszczególnych plutonów i ich punktów obserwacyjnych. W obronie pozycyjnej organizuje się również łączność przewodową wzdłuż frontu między sąsiednimi batalionami i kompaniami.

Łączność radiowa w obronie jest organizowana i wykorzystana tak samo jak w natarciu, z tym jednak, że praca na radiostacjach może być prowadzona tylko w wypadkach, gdy wszystkie inne środki łączności zawiodły.

Łączność optyczna w obronie dubluje system łączności przewodowej i jest jednym z ważniejszych środków łączności w mniejszych pododdziałach. Do środków łączności optycznej należą: rakiety, dymy kolorowe, płachty sygnalizacyjne; łączność tymi środkami utrzymuje się za pomocą zawczasu opracowanych kodów.

Przedstawione schematy organizacji łączności w batalionie piechoty armii USA pozwalają wnioskować, że:

a) batalion piechoty amerykańskiej ma na swym wyposażeniu większą ilość środków radiowych i że łączność radiowa jest głównym środkiem łączności;
b) łączność za pomocą technicznych środków łączności organizuje się do plutonów włącznie;
c) łączność telegraficzna dochodzi do batalionów.

Charakter walki batalionu piechoty w ostatniej wojnie wskazuje, że łączność radiowa jest na tym szczeblu niezbędna i jest głównym rodzajem łączności, zapewniającym ciągłość kierowania we wszystkich rodzajach walki batalionu piechoty. Natomiast posiadanie bezpośredniej łączności środkami przewodowymi wewnątrz kompanii nie zawsze jest konieczne. Szerokość jak i głębokość frontu kompanii sięga zaledwie kilkuset metrów, co daje dowódcy kompanii możność kierowania plutonami bez pomocy łączności telefonicznej, z wyjątkiem takich wypadków, gdy kompania działa na szerokim odcinku frontu np. w obronie oddzielnych obiektów lub w długotrwałej obronie pozycyjnej.

Daje się też wywnioskować, że organizacja łączności przewodowej telefonicznej, którą przedstawiono na rys. 1 i 3, utrudnia bezpośrednią łączność sztabowi batalionu i dowódcy pułku ze względu na brak technicznej możliwości połączenia na posterunku obserwacyjnym dowódcy batalionu. Poza tym z charakteru pracy sztabu batalionu piechoty wynika, że posiadanie łączności telegraficznej między pułkiem a batalionem jest zbędne.

Mjr ZBIGNIEW LIPSKI

NIEKTÓRE OSIĄGNIĘCIA ŁĄCZNOŚCI W ARTYLERII

(Opracowano na podstawie artykułu generał-majora wojsk łączności Kislakowa, „Świaź Krasnoj Armii“ nr 7 z lipca 1946 r.)

Dowodzenie artylerią w nowoczesnej walce uległo znacznemu skomplikowaniu.Ześrodkowanie na niewielkich odcinkach frontu dużej ilości oddziałów i zgrupowań artylerii, konieczność ścisłego współdziałania z piechotą i czołgami od początku do końca walki wymagały organizowania sztabów artylerii o bardziej rozbudowanej niż dotychczas strukturze, ustanawiania rozlicznych punktów pomocniczych w kierowaniu walką oraz posiadania szeroko rozgałęzionej sieci łączności zarówno radiowej jak i przewodowej.

Jakie więc są osiągnięcia w organizacji łączności w zgrupowaniu artylerii jednoczącym pułkowe grupy artylerii (artyleria bezpośredniego wsparcia pułku piechoty) w natarciu i obronie?

Łączność w natarciu. Na okres przygotowania artyleryjskiego sztaby grup artylerii planowały ogień artylerii pułkowej i moździerzy. Następnie artylerię tę wykorzystano w natarciu, przeważnie jako towarzyszącą, do rażenia ogniem bezpośrednim.

Niezależnie od tego, na kierunku głównego natarcia dywizji, koncentrowano także artylerię dywizyjną i artylerię wyższych zgrupowań, przy czym ogólna ilość dział na 1 km frontu przekraczała 200.

W konsekwencji, na stosunkowo niedużym odcinku terenu, rozwijano wiele dziesiątków stanowisk dowodzenia i punktów obserwacyjnych artylerii i piechoty mających połączenia przewodowe i radiowe we wszystkich kierunkach.

Dowodzenie i łączność organizowano w zależności od zadań, jakie otrzymywała artyleria.

W pierwszej fazie natarcia (przygotowanie do natarcia) artyleria dezorganizowała dowodzenie i obserwację nieprzyjaciela, niszczyła systemy jego ognia i torowała przejścia w przeszkodach.

W drugiej fazie natarcia (wsparcie natarcia) nie dopuszczała do rekonstrukcji zniweczonego systemu ognia nieprzyjaciela i osłaniała atak piechoty i czołgów przy opanowaniu przez nich punktów oporu pierwszej linii obrony.

Powyzsze osiągnięcia były mozliwe dzięki stopniowemu przerzucaniu ognia artylerii i moździerzy na poszczególne przedmioty natarcia, w zasadniczych pasach działania przed nacierającą piechotą (zapora ogniowa) na głębokości 1,5—2 km od przedniego skraju obrony nieprzyjaciela.

W trzeciej fazie natarcia (osłona działań piechoty w głębi ugrupowania obronnego nieprzyjaciela) artyleria okazywała oddziałom nacierającym ciągłe wsparcie ogniowe (piechocie i czołgom) w pokonaniu oporu nieprzyjaciela na poszczególnych liniach obrony towarzysząc im od jednego przedmiotu natarcia do drugiego. Niezależnie od manewru ogniowego w tej fazie następowało przesunięcie artylerii w przód na nowe stanowiska ogniowe.

Ogólne dowodzenie pułkowymi grupami artylerii sprawuje dowódca artylerii dywizyjnej ze swojego punktu obserwacyjnego. Dowódcy pułkowych grup artylerii, dowódcy dyonów i baterii znajdowali się z reguły na stanowiskach dowodzenia z dowódcami pułków, baonów i kompanii piechoty.

Łączność przewodowa. W pierwszych dwóch fazach natarcia artyleryjskiego, kiedy cała artyleria działała w zeŚrodkowaniu, łączność przewodową organizowano z dwóch ośrodków dowodzenia: z punktu obserwacyjnego i stanowiska dowodzenia sztabu dowódcy artylerii dywizji.

Łączność z posterunku obserwacyjnego zapewniała bezpośrednie kierowanie ogniem, łączność zaś ze stanowiska dowodzenia służyła dla planowania ognia i zapewniała uzupełnianie amunicji. Stanowisko dowodzenia i punkt obserwacyjny dowódcy artylerii dywizji były rozmieszczone albo razem z takimi punktami dywizji piechoty lub w niewielkiej od nich odległości i posiadały ze sobą łączność.

Głównymi kierunkami łączności przewodowej dowódcy artylerii dywizji z jego punktu obserwacyjnego były: łączność z przełożonym dowódcą artylerii (staraniem i środkami tego ostatniego), z dowódcami pułkowych grup artylerii, z sąsiadami i z dywizyjnym punktem amunicyjnym (zabezpieczenie zaopatrzenia w amunicję art.).

Oś łączności pokrywała się zwykle z kierunkiem do jednego ze sztabów pułkowej grupy artylerii działającej na głównym kierunku i biegła do punktu obserwacyjnego dowódcy artylerii dywizji. Ta oś łączności dochodziła do wysokości punktów ob-

serwacyjnych dowódców pułkowych grup artylerii i w okresie przełamania oporu nieprzyjaciela pełniła rolę zasadniczej linii łączności dla dowodzenia artylerią.

Węzły łączności na stanowiskach dowodzenia i punktach obserwacyjnych dowódców artylerii i piechoty z zasady łączono ze sobą osobnymi liniami, co umożliwiało wzajemne wykorzystanie tych sieci. Należy jednak zauważyć, że linie piechoty w czasie walki były tak przeciążone, iż wykorzystanie ich dla przekazania komend artyleryjskich udawało się bardzo rzadko. Tak samo rzadko udawało się i dowódcom oddziałów piechoty korzystać z sieci łączności artylerii, zajętej ciągłym przekazywaniem komend artyleryjskich. Dlatego artylerzyści zawsze dążyli do posiadania dostatecznie rozbudowanej własnej sieci łączności jako możliwej do wykorzystania w ostatecznym wypadku i tylko między sztabami.

Do trudnych zadań technicznych należało wykonanie dużej ilości linij połączeniowych w wąskim pasie terenu. Dlatego zawsze poświęcano dużo uwagi zabezpieczeniu linii artylerii przed skutkami ognia nieprzyjaciela i przed uszkodzeniami ich przez własne oddziały, szczególnie w rejonach punktów obserwacyjnych i stanowisk dowodzenia. Linie układano w rowach łącznikowych wzdłuż specjalnie przewidzianych dla nich ścianek lub też układano je w wykopanych umyślnie rowkach. Aparaty telefoniczne i łącznice znajdujące się na podstawie wyjściowej do natarcia ustawiano w wytrzymałych schronach, a w trakcie natarcia — w okopach i rowach przeciwczołgowych.

Podobnie jak w piechocie tak i w artylerii — łącznościowcy stanowili na podstawie wyjściowej rezerwę sprzętu i materiału — wykorzystywano przede wszystkim pomocnicze środki łączności. Przy posuwaniu się oddziałów piechoty i czołgów w czasie natarcia i przesunięciu stanowisk dowodzenia dowódcy dywizji sieć łączności przewodowej artylerii ulegała pewnemu skróceniu.

Szef łączności skierowywał uwagę głównie na zabezpieczenie dowodzenia w systemie punktów obserwacyjnych i jak najbardziej wydajnego wykorzystania osi łączności.

Po przejściu dowódcy artylerii dywizji na nowy punkt obserwacyjny sztab przechodził na jego miejsce, linie łączności do sztabów pułkowych grup artylerii na starym miejscu zwijano, a środki łączności przerzucano do rejonu wysuniętego węzła łączności.

Opisany wyżej system łączności przewodowej miał największe zastosowanie właśnie w czasie wojny i dowiódł swej przydatności. Tylko specjalne warunki — bardzo szybkie posuwanie się naprzód po dokonaniu przełamania lub brak dosta-

tecznej ilości środków — zmuszały do zaniechania dalszego przedłużania osi łączności w czasie natarcia. W tych warunkach podejmowano budowę łączności przewodowej tylko na poszczególnych horyzontach.

Przy przejściu do pościgu całą łączność opierano na radiowych i ruchomych środkach łączności.

Łączność radiowa. Znaczenie radia jako środka łączności w artylerii w ciągu ostatniej wojny niezmiernie wzrosło. Obecnie można powiedzieć, że środek ten zaczyna się wysuwać na czołowe miejsce. Oczywiście, wymaga to bardzo znacznego zwiększenia ilości radiostacji artylerii w taktycznej strefie walki.

Jeżeli w pierwszej fazie natarcia przy rozbudowanej sieci łączności przewodowej posługiwanie się radiem ulega ograniczeniom, to w okresie zmian w podporządkowaniu artylerii (decentralizacji dowodzenia), w związku z przenoszeniem się ugrupowań bojowych, łączność radiowa stawała się zasadniczym środkiem łączności.

Organizacja łączności radiowej w artylerii sprowadzała się, biorąc ogólnie, do następującego schematu.

Radiostacja osobista dowódcy artylerii dywizji była radiostacją główną w jego sieci. Do tej sieci wchodziły radiostacje dowódców pułkowych grup artylerii, a przy dużej koncentracji artylerii — radiostacje dowódców oddziałów artylerii.

Druga radiostacja dowódcy artylerii dywizji znajdowała się przy sztabie na stanowisku dowodzenia i wchodziła w skład sieci dowódcy artylerii korpusu.

Złą stroną takiej organizacji łączności radiowej, pomimo dużej ilości radiostacji w sieci dowódcy artylerii dywizji, była konieczność włączania się dowódcy artylerii dywizji swoją radiostacją do sieci przełożonego w celu przekazywania meldunków, wyłączając się przez pewien czas ze swej zasadniczej sieci. W tym czasie radiostacja, znajdująca się na stanowisku dowodzenia, winna była włączać się do sieci osobistej dowódcy artylerii dywizji dla kierowania tą siecią.

W ostatnim okresie wojny wada ta częściowo została usunięta przez wykorzystanie dodatkowych odbiorników, które włączane były do sieci każdorazowo w wypadku, gdy radiostacja osobista dowódcy artylerii dywizji lub jego sztabu wychodziła ze swych sieci i odwrotnie — odbiorniki włączone były na nasłuch w te sieci, w których mógł być wywołany dowódca artylerii dywizji lub jego szef sztabu.

Łączność współdziałania. Jednym z lepszych sposobów utrzymania łączności współdziałania jest styczność osobista do-

wódców piechoty, artylerii i czołgów we wszystkich fazach walki. Przeprowadzana ona była pomiędzy dowódcami współdziałających rodzajów wojska jeszcze na długo przed natarciem i wzmacniana w czasie przygotowań do natarcia. Dużą rolę odgrywał w utrzymaniu tej łączności sztab dywizji.

Do głównych zadań, po powzięciu decyzji przez dowódcę dywizji i podziale artylerii na grupy, należały — organizacja i przeprowadzenie wspólnego rozpoznania terenu przez dowódców pułkowych grup artylerii z dowódcami pułków piechoty, dowódców dyonów i baterii z dowódcami baonów i kompanii piechoty.

W tych rozpoznaniach zawsze brali udział szefowie łączności oddziałów i pododdziałów artylerii, piechoty i czołgów.

Na rozpoznaniach ustalano i szczegółowo określano zadania pułków i baonów na najbliższą przyszłość, jak również na okres późniejszy, sposób bezpośredniego wsparcia artylerią i czołgami, sygnały na wywołanie, przeniesienie i wstrzymanie ognia artylerii.

Organizowanie wspólnych punktów dowodzenia dla dowódców piechoty i artylerii pozwalało na szybkie i dokładne uzgadnianie wszelkich kwestii współdziałania, które powstały w czasie walki. Szeroko były stosowane środki sygnalizacyjne, pociski dymne i wskaźnikowe, kierowane na dany cel. Za pomocą rakiet piechota i czołgi wskazywały opanowanie przedmiotu natarcia.

Łączność artylerii z czołgami i artylerią samochodową (szturmową) na podstawie wyjściowej była zapewniona na sieci telefonicznej piechoty. W czasie natarcia i w fazie późniejszej — przy użyciu radiostacji.

Celem utrzymania ciągłej łączności współdziałania w czasie natarcia dowódca artylerii dywizji i dowódcy pułkowych grup artylerii włączali do sieci radiowej czołgów swoje radiostacje lub odbiorniki. Dowódcy pułkowych grup artylerii włączali swoje radiostacje do sieci tej grupy czołgów, która wspierała ich pułk. Prócz tego, każdy dowódca pułkowej grupy artylerii przydzielał swojego oficera-obserwatora do oddziałów czołgowych.

Znajdując się w czołgu radiowym bezpośrednio na polu walki oficer ten obserwował przebieg walki i, w zależności od potrzeby, korygował ogień artylerii. Niekiedy obserwator artylerii otrzymywał do swojej dyspozycji przenośną radiostację i, posuwając się w czasie walki w przedniej linii piechoty i czołgów, włączał się do sieci artylerii i utrzymywał łączność ze swoim dowódcą pułkowej grupy artylerii.

Prócz tego na punkcie obserwacyjnym lub na stanowisku dowodzenia dowódcy dywizji był obecny szef sztabu oddziału czołgów lub jego oficer łącznikowy z radiostacją. Mając tę radiostację w sieci oddziału czołgów oficer łącznikowy mógł korygować ogień sam lub też przez dowódcę artylerii.

Łączność w obronie. Głównym zadaniem artylerii w obronie jest walka z czołgami.

W związku z tym organizacja łączności powinna zapewnić centralizowane dowodzenie artylerią przy wykonywaniu zadań, a mianowicie:ześrodkowanie ognia na podstawie wyjściowej czołgów i piechoty nieprzyjaciela, wykonanie ruchomego ognia zaporowego przeciwko czołgom według z góry ustalonych horyzontów, wykonanie stałego ognia zaporowego 300—400 m od własnego przedniego skraju celem odcięcia piechoty nieprzyjaciela od jego własnych czołgów itp.

Prócz tego szef łączności już zawczasu przygotowywał swoje siły i środki dla zapewnienia dowodzenia artylerią przy przeciwnatarciach własnych odwodów na czołgi i piechotę nieprzyjaciela, które dokonały wyłom w głębi obrony. Dlatego łączność przewodową rozbudowywano zwykle na całą głębokość odcinka obrony dywizji. Za podstawę brano skład grup artylerii i moździerzy, ich stanowiska ogniowe, punkty obserwacyjne i stanowiska dowodzenia, a także przypuszczalne kierunki przeciwnatarć.

Linie przewodowe były budowane z głębi: od stanowiska dowodzenia (sztabu artylerii) do stanowisk dowodzenia grup artylerii i moździerzy i dalej do ich punktów obserwacyjnych.

Łączność z artylerią przeciwlotniczą utrzymywano zwykle siłami i środkami tej ostatniej; odwodem przeciwczołgowym i dywizyjnym punktem amunicyjnym — środkami sztabu artylerii.

W obronie szczególnie ważne znaczenie miały połączenia pomiędzy węzłami łączności dowódców piechoty i artylerii bądź też rozmieszczano je wspólnie.

Łączność przewodowa według tych zasad rozwijała się w głównym pasie obrony do czasu zajęcia przez artylerię jej stanowisk ogniowych. Taki sposób organizacji łączności przewodowej zapewniał każdemu dowódcy artylerii bezpośrednią łączność telefoniczną z dowódcą wspieranym. Jednakże w pewnych wypadkach, z powodu niedostatecznej ilości środków, nie zawsze można było rozbudować tak bogatą sieć, zwłaszcza kiedy obrona była organizowana na szerokim froncie. W tym wypadku wykorzystywano środki zastępcze (zwłaszcza w systemie

sztabów artylerii), a także szerzej wykorzystywano ogólne linie łączności.

W obronie ruchowej, która polegała na przyjęciu kolejnych walk na zawczasu obranych liniach obronnych, łączność utrzymywana była środkami radiowymi, ruchomymi, przy pomocy oficerów łącznikowych i sygnalizacji. W tym wypadku środki łączności przewodowej były wykorzystywane na niektórych liniach obronnych z tymi grupami artylerii i moździerzy, które były rozwinięte w pobliżu stanowisk dowodzenia (punktów obserwacyjnych) dowódcy dywizji i dowódcy artylerii dywizji.

Łączność radiową organizowano według zasad podanych uprzednio. Okazało się, że w obronie konieczna jest organizacja sieci radiowej dla sztabów artylerii (szef sztabu artylerii dyw. i pułkowe grupy artylerii). Dzięki takiej organizacji zapewniona była ciągłość dowodzenia w wypadku wyjazdu dowódcy artylerii dywizji ze swoją radiostacją ze sztabu na odcinek obronny, zwłaszcza w czasie walki. W tym czasie szef sztabu artylerii, mając przy sobie drugą radiostację, mógł utrzymać łączność z dowódcami pułkowych grup artylerii, z przełożonym dowódcą artylerii, a także w wypadku konieczności i z dowódcą artylerii dywizji.

Jako zasadę przyjęto, że radiostacje w obronie nie pracowały na nadawanie do czasu wyruszenia natarcia nieprzyjaciela.

Łączność współdziałania pomiędzy piechotą i artylerią oparta była na tych samych zasadach co w natarciu. Od wszystkich łącznościowców artylerii wymagano dokładnej znajomości sygnałów do współdziałania, ustalonych dla poszczególnych odcinków na cały okres działań obronnych.

Łączność artylerii z czołgami utrzymywano za pomocą radia, bezpośredniej obserwacji z punktów obserwacyjnych i stanowisk dowodzenia i sygnalizacji. Do czasu wyruszenia czołgów do przeciwnatarcia utrzymywano z nimi łączność przewodową.

Tak przedstawiają się w dużym skrócie główne osiągnięcia łączności w artylerii. Należy oczekiwać dalszych ulepszeń organizacji łączności tak w dziedzinie przewodowej jak i radiowej. Pierwsza powinna tak się rozwinąć, by mogła zapewnić ciągłość dowodzenia przede wszystkim w czasie walki w głębi obrony oraz przy przesunięciach organów dowodzenia.

Odnośnie łączności radiowej praktyka wykazała konieczność istnienia dwóch niezależnych sieci dowódcy artylerii dywizji: jedna — dla łączności z dowódcami pułkowych grup artylerii, druga — z dowódcami oddziałów artylerii. Taka orga-

nizacja umożliwia lepszą pracę sieci i zmniejsza ilość stacji w poszczególnych sieciach oraz pozwala na częstsze stosowanie systemu jednokierunkowości dla łączności z dowódcami pułkowych grup artylerii lub oddziałów artylerii wykonujących główne zadania. Zapewnia również ciągłość łączności w najbardziej krytycznym okresie natarcia w walce w głębi obrony nieprzyjaciela

Praktycznie— w takich momentach najlepszym i wypróbowanym rozwiązaniem jest przydzielenie indywidualnych radiostacji dowódcom oddziałów artylerii.

Mjr JAN WIERUSZ-KOWALSKI

ABC ŁĄCZNOŚCI BATERII

1. Wstęp

Dobry dowódca baterii poświęca zagadnieniu wyszkolenia łącznościowego równie wiele uwagi, co wyszkoleniu celowniczego, zamkowego i amunicyjnego.

Zdaje on sobie sprawę, że bez łączności bateria, z wyjątkiem strzelań na wprost, nigdy nie będzie mogła wykonać powierzonego zadania nawet przy doskonale wyszkolonym dowódcy i doskonałej obsłudze.

Łączność wiążąca SO z PO daje całkowite panowanie dowódcy baterii nad stanowiskiem ogniowym zbliżając je do PO.

Brak łączności odbiera artylerii jej wielką rolę, czyniąc z niej nieużyteczny ciężki tabor bez znaczenia dla pola walki.

2. Wiadomości ogólne

Zasadniczo łączność w artylerii oparta jest na łączności radiowej i łączności przewodowej, które pod względem wykorzystania tych środków do przekazywania rozkazów, meldunków i komend ogniowych, przy dobrze wyszkolonych szeregowych łączności, spełniają jedną i tę samą rolę.

Łaczność radiową stosujemy we wszystkich tych momentach kiedy nie mamy łączności przewodowej. Z chwilą uzyskania jej radiostacje przerywają pracę na ściśle określone okresy czasu kontrolując jedynie nastrojenie stacji. Nie pozwala to, by nieprzyjaciel orientował się z ilości pracujących radiostacyj o liczbie oddziałów skoncentrowanych na danym odcinku frontu oraz zaoszczędza źródła prądu radiostacyi na te okresy czasu, w których łączność przewodowa z tych czy innych względów zawodzi.

Sprzęt łączności zarówno telefoniczny jak radiowy jest sprzętem delikatnym i wrażliwym na wstrząsy oraz wilgoć, dla-

tego też powinien być bardzo starannie przygotowywany do transportu i pieczołowicie przewożony. Jeśli warunki bojowe na to pozwalają, powinien być umieszczany w suchych pomieszczeniach. Jeśli to jest w danych warunkach niewykonalne, należy przynajmniej podkładać pod niego z góry przygotowaną plecionkę, deseczkę, brezent lub nawet płaszcz, albo koc, by tą drogą odizolować go od ziemi i wilgoci.

Wkładki mikrofonowe, na skutek osiadania na nich pary wodnej w czasie mówienia, ulegają zawilgoceniu a przez to w znacznym stopniu zatracają sprawność działania. Telefonista powinien zawsze korzystać z każdej sposobności, by wkładkę mikrofonową jego mikrotelefonu wyjąć i wysuszyć w ciepłym (ale nie gorącym) miejscu, po czym ją lekko wstrząsnąć.

W dnie dżdżyste lub mgliste, a zwłaszcza o świcie w dnie letnie, kiedy opada rosa, jest bardzo wskazane, by telefonista, jeśli mu na to pozwalają warunki, część mikrotelefonu, w której umieszczona jest wkładka mikrofonowa, chował pod mundur mając na zewnątrz wysuniętą tylko część ze słuchawką. Dysponując słuchawką dodatkową może schować pod mundur cały mikrotelefon.

Każdą wolną chwilę od walki powinni telefoniści wykorzystywać na czyszczenie i konserwację sprzętu łączności oraz na doprowadzenie go do pełnej użytkowości bojowej.

Im częściej dowódca będzie sprawdzał, w jakim stanie znajduje się sprzęt łączności, który ma mu służyć, tym rzadziej sprzęt ten zawiedzie go. Poprzestanie dowódcy tylko na kontrolowaniu stanu sprzętu jest nie wystarczające.

Praca szeregowych łączności przed, w czasie i po walce jest bardziej intensywna od pracy zwiadu czy obsługi dział. Wymaga ona w czasie pełnienia funkcji dużego opanowania i skupienia wyczerpując telefonistów i radiotelefonistów w większym stopniu niż innych.

Z tego względu należy dbać o szeregowych łączności pamiętając o ich wypoczynku i o posiłku dla nich. Zazwyczaj kończą oni swoją pracę wtedy, gdy artylerzyści dawno już udali się na spoczynek.

Im lepiej będzie obeznany szeregowy łączności artylerii z przejawami życia artylerii na polu walki, z tym większym zrozumieniem będzie wykonywał powierzoną mu pracę. Wiąże się z tym konieczność dobrego zapoznania szeregowego łączności artylerii z rozwinięciem baterii i z tokiem pracy na SO i PO, z komendami artyleryjskimi, które winien rozumieć, a nie tylko powtarzać.

Dobry łącznościowiec artylerii powinien być do pewnego stopnia zwiadowcą. Dlatego też poza zasadniczym wyszkole-

niem łączności należy przekazać mu pewne niezbędne wiadomości ze służby w polu.

Jest to jedyna właściwa droga do wyszkolenia szeregowego łączności na łącznościowca artylerii, uzyskania z nim wspólnego języka artyleryjskiego i zrozumienia przez niego powierzonego mu zadania, a tym samym osiągnięcia dużej wydajności jego pracy.

Spostrzeżenia wykazały, iż każdy szeregowy łączności pracuje z dużym poświęceniem i posiada dużą ambicję pracy przeżywając silnie wewnętrznie wszelkie krytyczne i szczęśliwe momenty łączności.

Wojna dała nam bardzo dużo dowodów cichego bohaterstwa szeregowych łączności artylerii, którzy w chwili przecięcia odłamkiem czy pociskiem kabla, w pełni świadomości grożącego im niebezpieczeństwa, wypełzali z urządzonego PO czy SO i pod gradem rwących się pocisków, nie mając żadnej osłony, pełzali i biegli skokami wzdłuż linii, przepuszczając kabel przez rękę, by znaleźć przerwę, połączyć urwane końcówki i przez to przywrócić znowu łączność dowódcy baterii czy dywizjonu.

Jakże często linia taka zapewniała jedyną łączność nie tylko dla artylerii, ale również dla potrzeb piechoty (broni wspieranej).

O tym oficerowie artylerii muszą pamiętać.

3. Łączność w baterii

Na szczeblu baterii, jak już powiedziano, utrzymuje się łączność zasadniczo drogą rozmów prowadzonych za pomocą radia i przewodów.

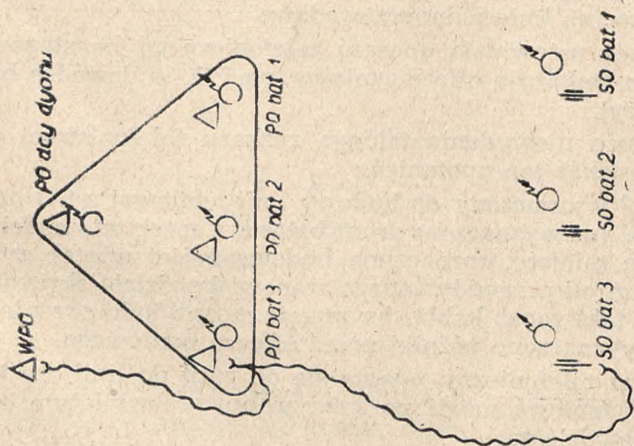
Łączność między SO — PO — WPO utrzymuje się za pomocą przewodów (linia ogniowa). Ilustruje to rys. 1.

Dla pewności łączność tę dubluje się na tzw. kierunku ogniowym (SO — PO) za pomocą radia (fonia).

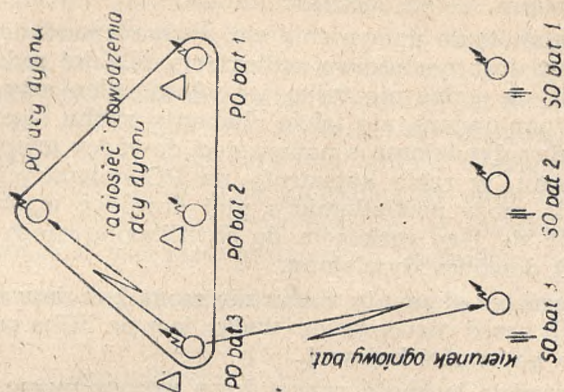
Radiostacja uruchomiona na PO dowódcy baterii w razie potrzeby (utraty łączności przewodowej) może przejść na falę sieci dowodzenia dowódcy dywizjonu rys. 2.

W łączności artylerii, podobnie jak w łączności innych rodzajów broni, posługujemy się w pracy tak zwanymi „Elementami ruchu", które dla zachowania tajemnicy wojskowej zmieniane są co pewien okres czasu. Okres ten wyznaczony jest przez przełożonego szefa łączności zawsze z góry.

W łączności przewodowej są to kryptonimy, w łączności radiowej: kryptonimy, numery fal i hasła.


WPO
PO dcy dyonu
PO bat 3
PO bat 2
PO bat 1
SO bat 3
SO bat.2
SO bat 1

Rys. 1.


PO dcy dyonu
radiosieć dowodzenia dcy dyonu
PO bat.3
PO bat 2
PO bat 1
kierunek ogniowy bat.
SO bat 2
SO bat 1

Rys. 2.

Numerów fal nie wolno samowolnie zmieniać nawet przy największych zakłóceniach w odbiorze bez porozumienia się z przełożonym szefem łączności.

Hasła służą do upewnienia się, że korespondencja radiowa prowadzona jest z właściwą radiostacją. Każdej radiostacji baterii musi się podać nie tylko jej własne elementy ruchu (na kierunku ogniowym), ale także elementy ruchu sieci dowodzenia dowódcy dywizjonu, a nawet sieci dowódcy grupy artylerii. Dzięki temu, w razie katastrofy na PO dowódcy dywizjonu radiostacja może powiadomić o niej dowódcę grupy i podporządkować się jego rozkazom do chwili ponownego zorganizowania PO dowódcy dywizjonu.

Dlatego też elementy ruchu nie mogą być dawane w ostatniej chwili przed rozpoczęciem walki, lecz na kilka godzin przed terminem gotowości bojowej.

W zasadzie łączność przewodowa utrzymywana jest na liniach jednoprzewodowych, zwłaszcza w natarciu. Na ten okres walki musi się posiadać w odwodzie tyle kabla, ile potrzeba go do budowy linii w związku z przewidywanymi skokami PO.

W obronie, dysponując dużą ilością kabla, buduje się linie dwuprzewodowe (utrudnienie podsłuchu nieprzyjacielowi) prowadząc kable w odstępie nie mniejszym niż 25 m. Daje to lepsze zabezpieczenie linii, tzn. zapobiega przecięciu czy urwaniu obu przewodów naraz jednym i tym samym odłamkiem lub pociskiem. Przy przerwaniu jednego tylko przewodu, do chwili naprawienia go, przewód nienaruszony możemy wykorzystać przechodząc na linię jednoprzewodową.

Miejsce ustawienia aparatu telefonicznego na stanowisku ogniowym wskazuje oficer ogniowy, na PO — dowódca baterii (strzelający).

W razie niewydania takiego rozkazu telefonistom, winni się oni o rozkaz ten upomnieć.

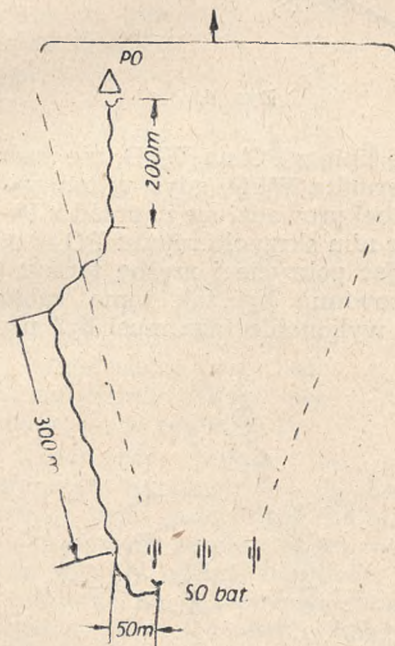
Patrol wyznaczony do budowy linii ogniowej z SO na PO, jeśli został już wyznaczony front baterii, a sprzęt nie nadciągnął jeszcze na miejsce, rozpoczyna budowę mniej więcej w odległości 50 m od przewidywanego stanowiska działa skrzydłowego dając taki zapas kabla, by aparat można było przenieść na miejsce wyznaczone później przez oficera ogniowego.

Aparat telefoniczny włącza się od razu do linii, by budujący linię ogniową mogli po każdym noworozwiniętym bębnie kabla sprawdzić go.

Rozkazem dla telefonisty na przeniesienie aparatu telefonicznego ze skrzydła baterii (miejsca wyczekiwania) w rejonie stanowiska ogniowego jest odjazd ciągników z SO.

Linię ogniową należy prowadzić w ten sposób, by w razie przecięcia kabla w pobliżu stanowiska ogniowego naprawa mogła być dokonana bez narażania telefonisty na niebezpieczeństwo rażenia przez działa własnej baterii. Z tego względu prowadzimy linię ze stanowiska ogniowego mniej więcej 50 m poza skrzydłowym działem i dalej budujemy ją na przestrzeni około 300 m równolegle do azymutu określającego prawy względnie lewy skraj pasa działania baterii. Następnie telefoniści winni poprowadzić linię ku punktowi obserwacyjnemu baterii tak, aby odcinek końcowy linii już w odległości 200 m od baterii posiadał kierunek prostopadły do frontu.

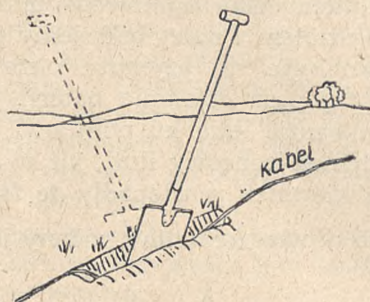
Opisany sposób prowadzenia linii podany jest na rys. 3.



Rys. 3.

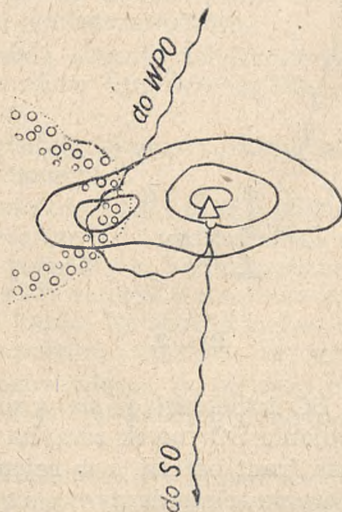
W rejonie SO i PO kabel układa się w rowku głębokim na łopaty (rys. 4). W rejonie SO rowek zaczyna się przy aparacie i sięga na 20 m przed front baterii, a w rejonie PO — zaczyna się również przy aparacie telefonicznym i sięga na około 50 m poza PO.

Przewody linii telefonicznej układa się zawsze z pewnym luzem po to, by w razie zniszczenia kabla na krótkim odcinku np. przez pocisk istniała zawsze łatwość ściągnięcia końców przerwy razem.



Rys. 4.

Gdy buduje się linię z PO na WPO, nie wolno kłaść kabla wprost z PO w kierunku WPO, gdyż w ten sposób łatwo demaskujemy PO. Kabel prowadzi się naprzód z PO do tyłu (30—50 m) i obchodzi się nim skrzydło rejonu PO w odległości około 100 m wykorzystując pokrycie i rzeźbę terenu (rys. 5). Linia ta w rejonie PO powinna być tak samo zabezpieczona pod sztych łopaty, lecz wykonanie tego musi być ukryte.

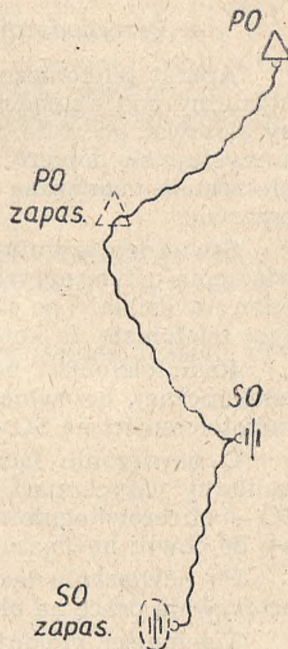


Rys. 5.

W natarciu linię ogniową prowadzimy zawsze przez rejon przewidywanego kierunku skoku stanowiska ogniowego.

W obronie linię ogniową prowadzi się przez zapasowe PO i dalej na PO. Poza tym zawczasu prowadzimy linię łączącą między SO a zapasowym SO (rys. 6).

Jeżeli rozwija się baterię w przód i podany jest na razie tylko rejon PO, bez ścisłego określenia miejsca PO, wskazuje się telefonistom kierunek tego PO oraz podaje się w terenie punkt, do którego mają rozwinąć linię. Tam mają oni oczekiwać na przybycie łącznika, który wysłany z PO doprowadzi ich do PO. Łącznik ten obowiązany jest wskazać telefonistom z odległości około 200 m PO i front działania.



Rys. 6.

Przy rozwinięciu baterii do tyłu łącznik z wyznaczonego uprzednio punktu w rejonie SO prowadzi telefonistów na SO pokazując im z odległości około 300—400 m front baterii i skrzydłowe działa.

Jeżeli wskazanie tych miejsc na skutek pokrycia i rzeźby terenu jest niemożliwe, obowiązkiem łącznika jest poprowadzenie telefonistów wzdłuż takiej wybranej przez siebie trasy, aby zapewniała linii maksimum osłony i pozwalała na jej naprawę w rejonie SO.

Wszyscy kanonierzy, będący na stanowisku ogniowym na równi z 2—3 obserwatorami wyznaczonymi z obsługi dział położonych najbliżej do posterunku obserwacyjno-alarmowego ppanc., muszą znać dobrze rejon tego posterunku oraz sygnały alarmowe ppanc.

Wszyscy żołnierze na SO powinni znać rejon ciągników, a co najmniej jeden człowiek z obsługi każdego działa ma przebyć drogę do tego rejonu.

W chwili ukończenia rozpoznania stanowiska ogniowego jedna z radiostacji zostaje natychmiast uruchomiona i pozostawiona na SO, druga, mając nawiązaną łączność z pierwszą, posuwa się z dowódcą baterii w rejon PO. Ma to na celu umożliwienie dowódcy baterii przekazanie na stanowisko ogniowe ważnych wiadomości (alarmowych), jakie mogą mieć miejsce w momencie, kiedy nie została jeszcze nawiązana łączność telefoniczna.

Wykonanie prac koniecznych do urządzenia stacji telefonicznej i radiostacji w rejonie SO i PO oraz zabezpieczenia ich przed działaniem ognia nieprzyjaciela jest obowiązkiem zarówno żołnierzy łączności jak i żołnierzy należących do obsługi dział oraz zwiadowców.

4. Przechodzenie z telefonu na radio i odwrotnie

Aparat telefoniczny, jako łatwy w obsłudze i bardzo ekonomiczny pod względem zużycia energii źródła prądu, pozwala, by stosować go stale, w odróżnieniu od radiostacji, którą wykorzystuje się dopiero wtedy, gdy łączność przewodowa jeszcze nie została nawiązana lub z tych czy innych powodów uległa przerwie.

Stwierdziwszy utratę łączności przewodowej telefonista powiadamia o tym natychmiast obsługę radiostacji słowami: „Telefon nie działa!“, po czym powiadamia oficera ogniowego i wysyła telefonistę na kontrolę linii.

Radiotelefoniści na PO, na wiadomość o utracie łączności telefonicznej, bezzwłocznie włączają radiostację na nadawanie, radiotelefoniści na SO — włączają ją na odbiór.

O nawiązaniu łączności radiowej na kierunku ogniowym radiowcy natychmiast meldują: na PO — strzelającemu, na SO — oficerowi ogniowemu, po czym obsługują kierunek ogniowy do chwili nawiązania łączności telefonicznej.

Po nawiązaniu łączności telefonicznej, na rozkaz z PO — przerywają pracę na określony odcinek czasu.

Telefoniści meldują swoim oficerom o nawiązaniu łączności słowami: „Telefon działa!“, po czym przejmują pracę na linii ogniowej.

Sprawdzanie łączności telefonicznej w czasie przerwy w pracy i sprawdzanie łączności radiowej w czasie, gdy radiostacje są czynne, lecz nie prowadzą korespondencji — ma się odbywać „przedmuchem“. Ma to na celu utrzymanie w czujności telefonistów i radiowców.

Zabrania się prowadzenia wszelkich prywatnych rozmów między szeregowymi łączności za pomocą środków łączności.

Na dyscyplinę łączności i czujności należy zwrócić szczególną uwagę.

Pierwsze nawiązanie łączności na kierunku ogniowym wykonują radiowcy w sposób regulaminowy jak również w chwili ponownego nawiązania łączności w wypadku jej utracenia.

W czasie nadawania komend lub przekazywania rozkazów czy meldunków, z uwagi na to, że radiostacje były ze sobą zgra-

ne (dostrojone), radiowcy prowadzą wymianę tak samo jak przy łączności przewodowej stosując słowo „tak“ jako potwierdzenie dobrze odebranej grupy komendy, treści rozkazu czy meldunku. Po każdym wypowiedzeniu słowa „tak“ radiotelefonista względnie telefonista ma podnieść głowę do góry i wzrok swój skierować na podającego. Nie wolno podawać następnej grupy radiotelefoniście, zanim nie wypowie słowa „tak“. Gdy nadający (strzelający) stwierdzi, że odbierający odebrał mylnie podany rozkaz, wstrzymuje jego wykonanie słowami: „Stój, powtarzam!“ Odbierający powtarza za nim: „Stój, powtarzam!“, na co nadający odzywa się: „Tak!“ i powtarza mylnie odebrany rozkaz (grupę).

Ten sam sposób postępowania przy wszelkich pomyłkach obowiązuje także telefonistów.

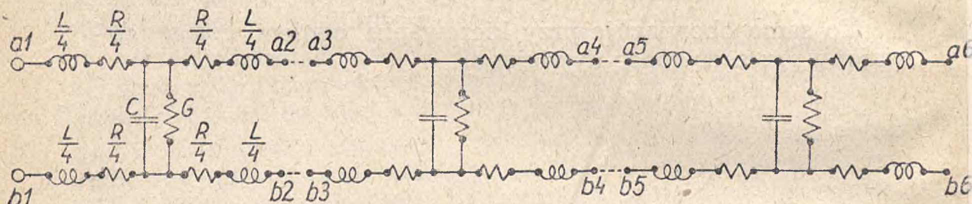
Przy strzelaniu z lotnikiem wszystkie radiostacje baterii przechodzą na falę dywizjonów, a telefony na PO są połączone na okólnik na centrali dywizjonowej.

To samo obowiązuje przy kierowaniu ogniem całego dywizjonu przez dowódcę dywizjonu.

Kpt. ALEKSY BRODOWSKI

WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRYCZNE LINII TELETECHNICZNYCH

Każdą linię teletechniczną możemy wyobrazić sobie jako łańcuch połączonych ze sobą pewnych elementów, jak przedstawia rys. 1.



Rys. 1.

Każdy element zawiera w sobie cztery podstawowe wielkości elektryczne, a mianowicie: oporność (R), upływność (G), pojemność (C) i indukcyjność (L), które są równomiernie i symetrycznie rozłożone wzdłuż całej linii.

Oporność linii zależy od materiału, z którego jest zrobiony przewód linii, od jego długości, średnicy i temperatury. Prąd elektryczny, przepływając przez każdą oporność omową, wywołuje na niej spadek napięcia, a zatem stratę energii, która zamienia się bezużytecznie na ciepło.

Jako wartość porównawczą oporności przy pomiarach podajemy zawsze oporność linii w omach na kilometr (Ω/km).

Upływność linii istnieje na skutek niedoskonałości izolacji pomiędzy przewodami lub między przewodami a ziemią. Prąd elektryczny dzięki temu przedostaje się z jednego przewodu na drugi lub z przewodu do ziemi i płynie z powrotem do źródła prądu zamiast do aparatu odbiorczego. Mamy w tym wypadku również straty energii, gdyż prąd po drodze odgałęzia się nie

dochodząc do odbiornika. Upływność linii mierzymy w mikrosiemensach na kilometr (μS/km). Jednostka upływności — siemens (S) jest odwrotnością jednostki oporności, czyli

$$1\ S = \frac{1}{\Omega}.$$

1 μS odpowiada więc oporności izolacji 1 M Ω.

Pojemność linii powstaje na skutek utworzenia przez przewody linii jak gdyby kondensatora, którego okładkami są same przewody, a dielektrykiem — warstwa rozdzielająca. Pojemność linii zależeć będzie od długości linii, od odległości między przewodami, średnicy przewodów i od stałej dielektrycznej warstwy rozdzielającej.

Pojemność linii stanowi dla zmiennych prądów rozmównych jakby opór bocznikujący, skutkiem czego powstają znów straty, gdyż część tych prądów zamyka się przez pojemność nie dochodząc do odbiornika. Oprócz tego, dzięki istnieniu pojemności, powstają przesunięcia fazy pomiędzy napięciem i prądem w linii o pewien kąt, co powoduje również zmniejszenie energii odbieranej (maleje współczynnik mocy „cos φ"). Straty te wzrastają ze wzrostem częstotliwości, gdyż oporność pojemnościowa maleje przy wzroście częstotliwości, ponieważ działanie bocznikujące pojemności zwiększa się oraz występuje większe przesunięcie fazowe.

Jak wiemy, na dźwięk mowy ludzkiej składa się jednocześnie cały szereg częstotliwości, które wobec istnienia pojemności linii nie będą przenoszone jednakowo, a zatem wystąpią oprócz straty energii i pewne zniekształcenia.

Pojemność linii mierzymy w mikrofaradach na kilometr (μ F/km).

Indukcyjność linii zależy od materiału przewodów, ich odległości wzajemnej, średnicy oraz ośrodka, w którym te przewody się znajdują. Indukcyjność jest również powodem strat energii, gdyż część energii elektrycznej traci się na wytworzenie pola magnetycznego wokół przewodnika i wobec tego zmniejsza się energia dochodząca do odbiornika.

Indukcyjność jednak neutralizuje do pewnego stopnia skutki, jakie wywołuje w obwodzie pojemność, a mianowicie wyrównuje zniekształcenia fazy, czyli poprawia pogorszony przez pojemność współczynnik mocy.

Indukcyjność linii mierzymy w milihenrach na kilometr (mH/km).

Oczywiście przy obliczeniach teoretycznych wymiary muszą być brane w jednostkach podstawowych, tj. omach, siemensach, faradach i henrach.

Za pomocą wyżej wymienionych czterech podstawowych wielkości elektrycznych linii, zwanych także stałymi pierwotnymi obwodu, możemy określić dobroć linii, tzn. jej przydatność do przenoszenia (transmisji) prądów częstotliwości akustycznej.

Przejdźmy teraz do dokładniejszego rozpatrzenia zachowania się prądu w linii telefonicznej.

Jeśli na początku linii (punkty a1, b1 na rys. 1) załączymy źródło prądu zmiennego (częstotliwość akustyczna), na końcu zaś odbiornik, przez linię popłynie prąd. Natężenie tego prądu, na skutek istnienia czynników bocznikujących (G i C), będzie malało w miarę oddalania się od początku linii i wreszcie na końcu linii (w odbiorniku) będzie posiadało określoną wartość, zależną od jednostkowych wielkości pojemności i upływności i oczywiście od długości linii.

Podobnie rzecz przedstawia się z napięciem na początku i na końcu linii. Jasne jest, że na skutek istnienia w linii oporności i indukcyjności powstają na nich spadki napięcia i w rezultacie napięcie na końcu linii nie będzie równe napięciu na jej początku.

Widzimy stąd, że wzdłuż linii mamy straty energii. Stosunek energii otrzymanej na końcu linii do energii wysłanej przez nadajnik będzie zatem miarą sprawności przenoszenia obwodu.

Zanim przejdziemy do liczbowego określania dobroci obwodu, uzupełnimy poprzednie rozważania ważnym wnioskiem.

Wyobraźmy sobie linię nieskończenie długą, której fragment może być przedstawiony (rys. 1) i załączmy na jej początku (punkty a1, b1) źródło prądu zmiennego. Określając kolejno prądy w punktach a1, a3, a5 itd. oraz napięcia między punktami a1, b1, a3, b3, a5, b5 itd. otrzymamy wartości I_1, I_3, I_5 itd. oraz napięcia U_1, U_3, U_5 itd. Okazuje się, że w wypadku linii nieskończenie długiej stosunki napięć do prądów w tych samych punktach są dla wszystkich punktów jednakowe:

$$\frac{U_1}{I_1} = \frac{U_3}{I_3} = \frac{U_5}{I_5} = Z_0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Stosunek ten oznaczamy literą Z_0 i nazywamy opornością charakterystyczną lub falową obwodu.

Przy pomiarach linii oporność ta obliczana jest przeważnie dla częstotliwości 800 okr/sek średniej częstotliwości akustycznej.

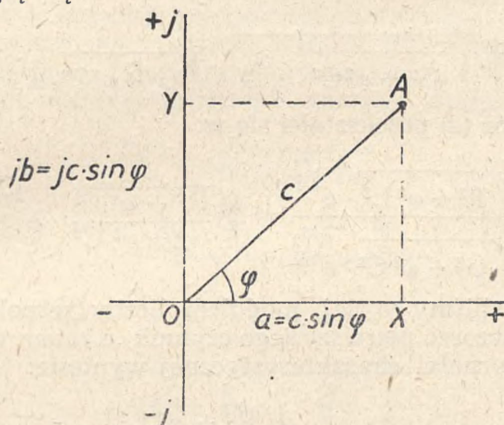
Oporność charakterystyczną możemy również określić ze stałych elektrycznych R, L, C i G ze wzoru:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

gdzie j oznacza liczbę $\sqrt{-1}$, a $\omega = 2 \pi f$.

Ze wzoru tego widzimy, że oporność charakterystyczna wyraża się liczbą zespoloną, tzn. posiada składową rzeczywistą i urojoną. Tłumaczy się to tym, że występują przesunięcia fazowe między napięciem i prądem w linii spowodowane istnieniem pojemności i indukcyjności.

Liczba zespolona o wzorze ogólnym $OA = a + jb$ może być przedstawiona graficznie na płaszczyźnie liczbowej Gaussa, jak podaje rys. 2. Wielkość OA oznacza tu liczbę o określonej wartości i kącie nachylenia do osi odciętych, odcinek c — jej wartość bezwzględną.



Rys. 2.

Liczbę zespoloną możemy zatem napisać w innej formie, a mianowicie:

$$OA = c.\cos\varphi + jc.\sin\varphi = c(\cos\varphi + j\sin\varphi).$$

Przyjmując według Eulera $\cos\varphi + j\sin\varphi = e^{j\varphi}$ ($e = 2{,}718$ — podstawa logarytmów naturalnych), liczbę zespoloną możemy również napisać:

$$OA = c \cdot e^{j\varphi} \qquad \text{(a)}$$

Kąt φ określamy z : $\operatorname{tg}\varphi = \frac{b}{a}$, c zaś, jak powiedzieliśmy, jest wartością bezwzględną liczby zespolonej OA.

Wartość bezwzględną (moduł) obliczamy z trójkąta OAX na podstawie twierdzenia Pitagorasa:

$$(OA) = c = \sqrt{(OX)^2 + (AX)^2} = \sqrt{a^2 + b^2} \qquad \text{(b)}$$

(OA wtedy można napisać: $OA = \sqrt{a^2 + b^2} \cdot e^{j\varphi}$).

Aby obliczyć moduł oporności falowej ze wzoru (2), napiszmy go w nieco innej formie:

$$Z_o = \frac{\sqrt{R + j\omega L}}{\sqrt{G + j\omega C}}$$

Licznik i mianownik tego wzoru możemy sprowadzić na podstawie (a) i (b) do postaci:

$$\sqrt{R+j\omega L} = \sqrt{\sqrt{R^2+\omega^2L^2} \cdot e^{j\varphi_1}} = \sqrt[4]{R^2+\omega^2L^2} \cdot e^{j\frac{\varphi_1}{2}}; \; \mathrm{tg}\,\varphi_1 = \frac{\omega L}{R}$$

oraz

$$\sqrt{G+j\omega C} = \sqrt{\sqrt{G^2+\omega^2C^2} \cdot e^{j\varphi_2}} = \sqrt[4]{G^2+\omega^2C^2} \cdot e^{j\frac{\varphi_2}{2}}; \; \mathrm{tg}\,\varphi_2 = \frac{\omega C}{G}$$

Stąd wzór (2) przekształci się w:

$$Z_o = \frac{\sqrt[4]{R^2+\omega^2L^2} \cdot e^{j\frac{\varphi_1}{2}}}{\sqrt[4]{G^2+\omega^2C^2} \cdot e^{j\frac{\varphi_2}{2}}} = \sqrt[4]{\frac{R^2+\omega^2L^2}{G^2+\omega^2C^2}} \cdot e^{j\frac{(\varphi_1-\varphi_2)}{2}}$$

Jak mówiliśmy wyżej, modułem liczby zespolonej będzie więc w tym wzorze pierwszy jego czynnik ,a zatem wartość bezwzględna oporności charakterystycznej wyniesie:

$$(Z_o) = \sqrt[4]{\frac{R^2+\omega^2L^2}{G^2+\omega^2C^2}} \qquad (3)$$

Obliczmy oporność charakterystyczną linii (moduł) obwodu napowietrznego z drutu żelaznego o średnicy 4 mm przy częstotliwości f = 800 okr/sek. Stałe elektryczne takiego obwodu wynoszą (tabelka na końcu): R = 21,8 Ω/km, G = 1,0 μ℧/km, L = 8,5 mH/km, C = 0,010 μF/km.

Podstawiamy te wartości do wzoru (3) i obliczamy:

$$(Z_o) = \sqrt[4]{\frac{21{,}8^2 + (2 \cdot 3{,}14 \cdot 800 \cdot 8{,}5 \cdot 10^{-3})^2}{(1 \cdot 10^{-6})^2 + (2 \cdot 3{,}14 \cdot 800 \cdot 0{,}010 \cdot 10^{-6})^2}} \cong 970\ \Omega$$

Dla obwodów posiadających dużą indukcyjność i pojemność, a więc dla obwodów kablowych mocno spupinizowanych i dla napowietrznych o dużej średnicy żył, można stosować wzór uproszczony po opuszczeniu wyrazów R^2 i G^2 jako bardzo małych w stosunku do pozostałych. Wzór ten wtedy przybierze postać:

$$(Z_o) = \sqrt{\frac{L}{C}} \qquad (4)$$

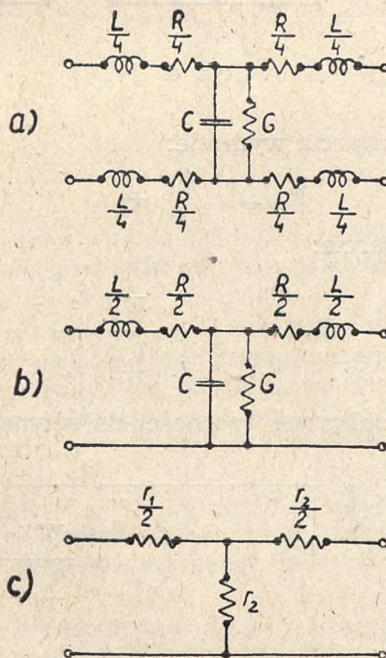
W większości wypadków oporność charakterystyczna linii teletechnicznych dla 800 okr/sek. wynosi 600 Ω i jest przyjęta za oporność średnią.

Opisywany wyżej obwód nieskończenie długi w praktyce nie istnieje, jednak każdy obwód teletechniczny, zamknięty na końcu oporem równym jego oporności charakterystycznej, zachowuje wszystkie cechy obwodu nieskończenie długiego.

Jak jednak zamknąć obwód nie znając jego oporności charakterystycznej?

Praktycznie znajduje się oporność charakterystyczną w prosty sposób: mierzymy oporność obwodu rozwartego na końcu (Z_{rozw}) i oporność tego samego obwodu po zwarciu (Z_{zw}). Z tych dwóch wartości obliczamy oporność charakterystyczną ze wzoru:

$$Z_0 = \sqrt{Z_{rozw} \cdot Z_{zw}} \quad (5)$$



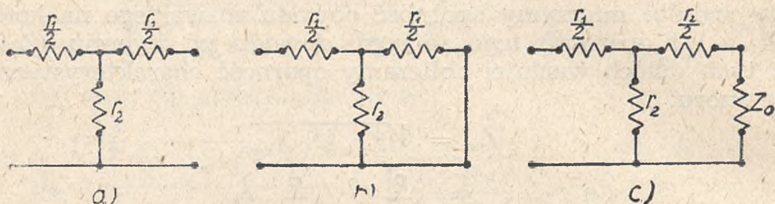
Rys. 3.

Słuszności tego wzoru możemy dowieść przez następujące obliczenie.

Jeden z elementów z rys. 1 możemy uprościć kolejno, jak podaje rys. 3.

Zakładając, że nie istnieją przesunięcia fazowe (np. dla czystych oporów omowych), element linii możemy przedstawić jak na rys. 3 c, gdzie r_1 będzie oporem rzeczywistym linii, a r_2 rzeczywistym oporem bocznikującym.

Jeśli wykonamy teraz dwa obliczenia, pierwsze — jak w układzie na rys. 4 a — obliczenie oporności obwodu rozwartego i drugie w układzie z rys. 4 b — obliczenie oporności obwodu zwartego, otrzymamy dwa wyniki, których średnia geometryczna (wzór 5) powinna nam dać oporność charakterystyczną Z_o



Rys. 4.

Oporność rozwarcia wyniesie:

$$R_{rozw} = \frac{r_1}{2} + r_2 \qquad (6)$$

Oporność zwarcia:

$$R_{zw} = \frac{r_1}{2} + \frac{\frac{r_1}{2} \cdot r_2}{\frac{r_1}{2} + r_2} \qquad (7)$$

Wstawiając obliczone oporności do równania (5) określamy Z_o:

$$Z_o = \sqrt{\left(\frac{r_1}{2} + r_2\right)\left(\frac{r_1}{2} + \frac{\frac{r_1}{2} \cdot r_2}{\frac{r_1}{2} + r_2}\right)}$$

a po uproszczeniu:

$$Z_o = \sqrt{\left(\frac{r_1}{2}\right)^2 + r_1 \cdot r_2} \qquad (8)$$

Jednocześnie wychodząc z założenia, że linia zamknięta na końcu oporem o oporności równej jej oporności charakterystycznej, mierzona na początku, powinna również wykazać wiel-

kość równą Z_o. Przeprowadźmy wobec tego trzecie obliczenie układu na rys. 4c i porównajmy z wynikami poprzedniego obliczenia.

Obliczamy z kolei układ z rys. 4c zakładając, że linię zamknęliśmy oporem charakterystycznym równym jej oporności. Otrzymamy zatem:

$$Z_o = \frac{r_1}{2} + \frac{\left(\frac{r_1}{2} + Z_o\right) \cdot r_2}{\frac{r_1}{2} + r_2 + Z_o} \qquad (9)$$

Wykonujemy mnożenie przez mianownik ostatniego wyrazu oraz rozwijamy licznik tegoż wyrazu:

$$\frac{r_1}{2} \cdot Z_o + r_2 \cdot Z_o + Z_o^2 = \left(\frac{r_1}{2}\right)^2 + \frac{r_1}{2} \cdot r^2 + \frac{r_1}{2} \cdot Z_o + \frac{r_1}{2} \cdot r_2 + r_2 \cdot Z_o$$

i upraszczamy:

$$Z_o^2 = \left(\frac{r_1}{2}\right)^2 + r_1 \cdot r_2$$

Stąd

$$Z_o = \sqrt{\left(\frac{r_1}{2}\right)^2 + r_1 \cdot r_2} \qquad (10)$$

Widzimy, że równania (8) i (10) są takie same, to znaczy, że oba obliczenia prowadzą do tego samego wyniku, czyli wzór (5) jest słuszny.

Poznaliśmy zatem jedną z następnych właściwości linii ważnej bardzo przy dalszych rozważaniach, powróćmy jednak jeszcze do zachowania się prądu i napięcia w linii i określmy cyfrowo straty, jakie powstają przy przenoszeniu energii dla zorientowania się, przy jakich wielkościach możliwe jeszcze będzie porozumienie się.

Jeśli określimy przez U_p napięcie na początku linii, a U_k na końcu, to ze stosunku tych napięć możemy wnioskować, ile razy jest ono mniejsze na końcu linii od napięcia na jej początku.

Dla linii nieskończenie długiej lub zamkniętej na końcu oporem równym oporności charakterystycznej wynika znów ciekawa właściwość. Jeśli mianowicie stosunek $\frac{U_p}{U_k}$ określimy ze wzoru (1) przez:

$$\frac{U_p}{U_k} = \frac{I_p \cdot Z_o}{I_k \cdot Z_o} = \frac{I_p}{I_k} \qquad (11)$$

to okaże się, że również prądy na początku i na końcu linii są w takim samym stosunku do siebie jak i napięcia. Stosunki te możemy określić następującym wzorem:

$$\frac{U_p}{U_k} = \frac{I_p}{I_k} = e^b \qquad (11)$$

w którym e = 2,718 (zasada logarytmów naturalnych), b — tłumienie linii.

Z łatwością możemy również w podobny sposób wyrazić stosunek mocy na początku do mocy otrzymanej na końcu linii:

$$\frac{W_p}{W_k} = \frac{U_p \cdot I_p}{U_k \cdot I_k}$$

ale

$$\frac{U_p}{U_k} = e^b \text{ oraz } \frac{I_p}{I_k} = e^b$$

Mnożąc oba ostatnie równania stronami, otrzymujemy:

$$\frac{W_p}{W_k} = \frac{U_p \cdot I_p}{U_k \cdot I_k} = e^b \cdot e^b = e^{2b} \qquad (12)$$

Poznaliśmy tu drugą charakterystyczną wielkość linii, mianowicie tłumienie, które określa wielkość strat energii podczas jej przepływu przez obwód.

Tłumienie b wyrażamy w jednostkach zwanych neperami.

Zasadniczo już sam stosunek napięć (prądów lub mocy) mógłby służyć za miarę jego tłumienia, czyli zdolności przenoszenia energii, jednak w praktyce okazał się wygodniejszy nie sam stosunek, lecz jego logarytm.

Jak widać ze wzorów (11) i (12) zależność między stosunkami napięć, prądów czy mocy a tłumieniem jest wykładnicza, gdyż tłumienie b jest wykładnikiem potęgi stałej liczby e. Zależności te możemy napisać również w innej formie, bardziej używanej i prostszej przy obliczeniach, a mianowicie:

$$b = \ln \frac{U_p}{U_k} = \ln \frac{I_p}{I_k} \qquad (13)$$

oraz

$$b = \frac{1}{2} \ln \frac{W_p}{W_k} \qquad (14)$$

Mówimy, że linia posiada tłumienie 1 nepera, gdy stosunek napięć (lub prądów) na początku i na końcu linii wynosi 2,718, gdyż (z tablic logarytmicznych):

$$\ln \frac{2{,}718}{1} = 1 \text{ (ponieważ } e^1 = 2{,}718).$$

Aby więc obliczyć w neperach tłumienie między dwoma punktami danego obwodu, należy obliczyć logarytm naturalny ze stosunku napięć lub prądów lub połowę logarytmu naturalnego ze stosunku mocy w danych punktach.

Wygodę użycia logarytmów stosunków zamiast samych stosunków wyjaśnimy na przykładzie.

Przyjmujemy, że linię telefoniczną, między początkiem a końcem której istnieje stosunek napięć 6,05, przedłużamy o pewien odcinek takiej samej linii, między końcami której stosunek napięć wynosi 3,32. Aby obliczyć, jaki będzie stosunek napięć na końcach tej nowoutworzonej linii, musimy wykonać kłopotliwe mnożenie, które w wyniku daje liczbę 20,09.

Określając tłumienie w neperach, czyli logarytmach stosunków, obliczenie sprowadza się do dodawania. I tak pierwszy odcinek linii posiada tłumienie 1,8 nep., drugi — 1,2 nep. Całkowite zaś tłumienie nowego obwodu wynosi:

$$1{,}8 \text{ nep.} + 1{,}2 \text{ nep.} = 3{,}0 \text{ nep.},$$

co odpowiada rzeczywiście stosunkowi napięć 20,09 : 1 (z tablic logarytmicznych).

Określanie tłumienia logarytmem stosunku napięć czy mocy ma również jeszcze jedno uzasadnienie. Otóż ucho ludzkie posiada również logarytmiczną charakterystykę czułości, tzn., że zwiększenie mocy akustycznej, np. dwa razy, nie powoduje odczucia dwukrotnego zwiększenia głośności.

I tak, gdy tłumienie między nadajnikiem a odbiornikiem (aparatami telefonicznymi) wynosi 3,5 nep., co stanowi stosunek mocy 1096:1, rozmowa jest jeszcze dobrze zrozumiała i dostatecznie „głośna".

Tłumienie 3,5 nep. jest przyjętym dopuszczalnym tłumieniem w telefonii handlowej i rozmowy są słyszane bez większego wysiłku.

Oczywiście, rozmowę będzie słychać nawet przy tłumieniu między aparatami do 5 nep. (stosunek mocy 22030:1), jednak w tym wypadku głośność będzie już bardzo słaba.

Przy tłumieniu 7,5 nep. (stosunek mocy $3{,}3 \cdot 10^6 : 1$; stosunek napięć $1{,}8 \cdot 10^3 : 1$) uważamy, że praktycznie rozmowy wcale nie słychać.

Podobnie jak stałe pierwotne linii określamy w ich jednostkach na kilometr linii, również i tłumienie możemy określić w nep./km. To jednostkowe tłumienie oznaczamy literą β i nazywamy współczynnikiem tłumienia. Zatem

$$b = \beta l \qquad (15)$$

gdy l oznacza długość linii w kilometrach.

Współczynnik tłumienia β jest ściśle powiązany ze stałymi pierwotnymi linii i zależność ta wyraża się wzorem:

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2}\left[\sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} + (GR - \omega^2 LC)\right]} \quad (16)$$

Obliczanie współczynnika β za pomocą tego wzoru byłoby dość uciążliwe i przeprowadza się je tylko w wypadkach, gdy wymagana jest duża dokładność. W praktyce stosowane są zwykle wzory przybliżone, wyprowadzone z powyższego, przy założeniu pewnych uproszczeń.

Dla linii napowietrznych stosuje się następujący wzór:

$$\beta = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2}\sqrt{\frac{L}{C}} \quad (17)$$

lub gdy upływność jest bardzo mała (duża oporność izolacji):

$$\beta = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}} \quad (18)$$

Dla obwodów kablowych stosowany jest wzór:

$$\beta = \sqrt{\frac{\omega R C}{2}} \quad (19)$$

Błędy występujące przy stosowaniu wzorów uproszczonych (17) i (19) w zakresie częstotliwości rozmównych wynoszą kilka procent. Wzór (19) stosuje się tylko do kabli niepupinizowanych posiadających minimalną indukcyjność.

W uzupełnieniu pragnę poruszyć jeszcze kwestię dopasowania źródeł prądu do linii i linii do odbiornika, gdyż w wypadku niedopasowania ich powstają nowe straty energii, z którymi również musimy się liczyć.

Przyjęto, że normalny aparat telefoniczny jest źródłem energii elektrycznej o SEM $E = 1{,}55$ V (dokładniej $= 1{,}5492$ V) i oporze wewnętrznym $R_w = 600\ \Omega$ .Częstotliwość tego źródła waha się w dość dużych granicach od 300 do 3—4000 okr./sek. i wyżej, lecz za średnią częstotliwość prądów rozmównych przyjęto 800 okr./sek. i przy tej częstotliwości przeprowadzane są zasadnicze pomiary i obliczenia. Przy większości pomiarów przenoszenia w teletechnice stosuje się właśnie generatory o częstotliwości $f = 800$ okr./sek., SEM $= 1{,}55$ V i oporze wewnętrznym $R_w = 600\ \Omega$ (generator normalny *).

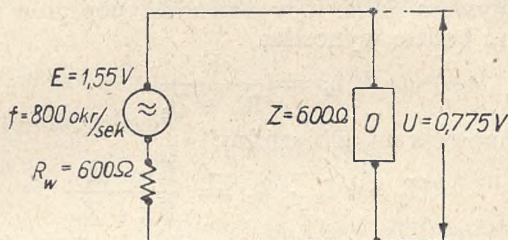
Wiemy, że największa moc zostanie wydzielona na oporze zewnętrznym, gdy opór ten równy jest oporności wewnętrznej

*) Generator normalny oznacza tu ściśle określony generator pomiarowy (wzorcowy).

źródła prądu, czyli, jak niejednokrotnie mówimy, gdy odbiornik jest dopasowany do źródła.

Gdy zatem aparat telefoniczny połączymy z drugim aparatem, ten drugi, dla wydzielenia na nim jak największej mocy, powinien posiadać oporność Z = 600 Ω .Istotnie aparaty telefoniczne są tak obliczone i konstruowane, by ich oporność (dla częstotliwości 800 okr./sek.) wynosiła 600 Ω .

Obliczmy, jaka moc zostanie wydzielona na oporności zewnętrznej Z = 600 Ω załączonym do generatora normalnego. Schemat połączenia podaje rys. 5.



Rys. 5.

Ponieważ w układzie tym odbiornik jest dopasowany do źródła prądu, tzn. opór zewnętrzny jest równy oporowi wewnętrznemu generatora, również i spadek napięcia na oporze zewnętrznym będzie równy spadkowi na oporze źródła prądu, czyli równy połowie SEM $U = \frac{E}{2} = 0{,}775$ V (dokładniej, gdy E = 1,5492 V, U = 0,7746 V). Mając napięcie na odbiorniku obliczamy wydzieloną na nim moc:

$$W = \frac{U^2}{R} = \frac{0{,}7746^2}{600} = 0{,}001 \text{ W} = 1 \text{ mW}$$

1 mW jest mocą wydzieloną przez generator normalny (aparat normalny) na oporze 600 Ω .

Jak widzimy, moc uruchamiająca aparat telefoniczny (układ odbiorczy aparatu) jest bardzo mała i tym bardziej należy liczyć się ze zmniejszeniem jej strat.

W wypadku niedopasowania odbiornika do generatora wystąpią straty, które wzrastają tym bardziej, im większe jest to niedopasowanie.

Zjawisko zmniejszania się energii wydzielanej na odbiorniku, którego opór jest inny niż źródła prądu, możemy objaśnić jeszcze w inny sposób.

Wyobraźmy sobie dwa połączone ze sobą odcinki linii, których oporności charakterystyczne nie są równe, to znaczy ze właściwości elektryczne obu odcinków nie są jednakowe. Energia elektryczna, która rozchodzi się ruchem falowym, dochodząc do drugiego odcinka linii napotyka na swej drodze jakby ośrodek o innych właściwościach i wskutek tego część energii odbija się.

Wielkość napięcia zmiennego na odbiorniku w wypadku niedopasowania możemy obliczyć z układu na rys. 5 zakładając, że opór odbiornika wynosi Z_2.

Napięcie to oznaczymy przez U_2.

Pod wpływem SEM E w obwodzie popłynie prąd I_2, którego wielkość będzie wynosiła:

$$I_2 = \frac{E}{R_w + Z_2} \tag{20}$$

spadek zaś napięcia na odbiorniku:

$$U_2 = I_2 \cdot Z_2 = \frac{E \cdot Z_2}{R_w + Z_2} \tag{21}$$

Wiemy, że w wypadku dopasowania odbiornika do źródła prądu spadek napięcia na odbiorniku wynosi $\frac{E}{2}$.

Różnica między spadkiem napięcia, jakie powinno wystąpić na odbiorniku (odbiornik dopasowany), a spadkiem rzeczywistym jest miarą odbicia:

$$F = \frac{E}{2} - \frac{E \cdot Z_2}{R_w + Z_2}$$

We wzorze tym R_w możemy zastąpić przez Z_1 (gdyż przy dopasowaniu $R_w = Z_1$) i wówczas przyjmie on postać:

$$F = \frac{E}{2} - \frac{E \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} \tag{22}$$

Gdy odbiornik jest dopasowany do źródła prądu, wtedy $Z_2 = Z_1$ i, jak łatwo sprawdzić, odbicie równe jest zeru.

W praktyce stosuje się dla obliczeń nieco inną zależność, a mianowicie stosunek tej różnicy do napięcia na odbiorniku w wypadku dopasowania. Stosunek ten nazywamy współczynnikiem odbicia i wyrażamy go wzorem:

$$\rho = \frac{\frac{E}{2} - \frac{E \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2}}{\frac{E}{2}} = 1 - \frac{2 Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \tag{23}$$

a mnożony przez 100 może być wyrażony w procentach.

Gdy $Z_1 = Z_2$ współczynnik ρ wynosi 0 i mówimy wtedy, że odbicie nie następuje, czyli cała energia przychodząca z linii zostaje przyjęta przez odbiornik.

Straty na odbicie możemy wyrazić również w formie logarytmicznej, przy czym będą one określone połową logarytmu naturalnego stosunku mocy, jaka wydzielona byłaby na odbiorniku w wypadku jego dopasowania do mocy wydzielonej rzeczywiście na odbiorniku:

$$b_d = \frac{1}{2} \ln \frac{W_1}{W_2} \qquad (24)$$

gdzie W_1 oznacza moc wydzieloną na odbiorniku dopasowanym, W_2 — moc na odbiorniku niedopasowanym do linii (źródła prądu).

Jeśli W_1 oznaczymy przez $\frac{E^2}{4Z_1}$, a W_2 przez $\frac{E^2 \cdot Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$ *) wzór (24) przyjmie postać:

$$b_d = \frac{1}{2} \ln \frac{(Z_1 + Z_2)^2}{4 Z_1 \cdot Z_2} \qquad (25)$$

Straty na odbicie b_d oznaczają, jakie dodatkowe tłumienie wprowadza do obwodu niedopasowanie odbiornika do linii lub połączenie dwóch odcinków linii o różnych opornościach charakterystycznych.

Dla przykładu podam, jakie tłumienie dodatkowe zostanie wprowadzone, gdy linia zbudowana z kabla polowego PTF7 zostanie przedłużona znacznym odcinkiem niemieckiego kabla polowego czterożyłowego, bez włączonych w nim cewek pupinowskich. Tłumienie to będzie wynosiło dla 800 okr./sek. $b_d = 0{,}11$ nep., tzn. tyle, ile wynosi tłumienie linii o długości 1 km wybudowanej z tegoż kabla PTF7 (tabela na końcu). Przez takie połączenie dwóch linii o niejednakowych właściwościach elektrycznych skróciliśmy ich zasięg działania w przybliżeniu o 1 km. (W rzeczywistości nieco mniej, gdyż tłumienie kabla czterożyłowego jest mniejsze).

W praktyce staramy się, aby oporności źródeł prądu, linii i odbiorników załączonych do linii były możliwie jednakowe; w przypadkach gdy zachodzą duże rozbieżności stosuje się specjalne transformatory dopasowujące (przenośniki) o odpowiedniej przekładni.

Na zakończenie podana jest tabela wielkości elektrycznych najczęściej spotykanych obwodów teletechnicznych, za pomocą której można zorientować się w przydatności obwodów dla przenoszenia rozmów telefonicznych.

---

*) Ponieważ: $W = \frac{U^2}{Z} \quad \frac{E^2 \cdot Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$

Rodzaj obwodu	R Ω/km	G μS/km	L mH/km	C μF/km	β nep/km	Z Ω
Kabel polowy PTF – 7	110	0,02			0,11	950
Kabel polowy PTG – 19	45	0,001			0.07	635
Kabel polowy niemiecki	40	0,2			0,08	690
„ „ „ lekki	220	1,0			0.19	1140
„ „ „ gumowy*)	24,5	0,0005			0,075	240
„ „ „ „ **)	„	„			0,03	700
Kabel miejski 0,5 mm	184	0,0002	0,75	0,04	0,136	950
„ „ 0,6 mm	128	0,0002	0,75	0,04	0,112	800
„ „ 0,7 mm	94	0,0002	0,75	0,04	0,095	675
Kabel międzymiastowy 0,9 mm*)	57	0,0001	0,7	0 038	0,06	570
„ „ 1,3 mm*)	27,5	0,0001	0,7	0 038	0,04	320
Linia napowietrzna żelazna 3 mm	39,0	1.0	6,2	0,008	0,021	720
„ „ „ 4 mm	21,8	1,0	8,5	0,010	0,013	720
„ „ brązowa 2 mm	17,2	1,0	2,2	0,005	0,013	660
„ „ „ 3 mm	7,6	1,0	3,7	0,007	0,006	660

*) Obwód niepupinizowany
**) Obwód pupinizowany

Mjr inż. ANTONI ZALESKI

OPIS PRZYRZĄDU DO POMIARÓW OPORNOŚCI I IZOLACJI LINII TEST SET EE-65-E

W toku pracy na węźle łączności, który posiada linie przewodowe łączności telegraficznej i telefonicznej, dużą rolę odgrywa stan izolacji tych linii i wielkość oporności obwodów.

Ażeby utrzymać linie węzła łączności w dobrym stanie należy periodycznie sprawdzać stan izolacji i oporność poszczególnych przewodów.

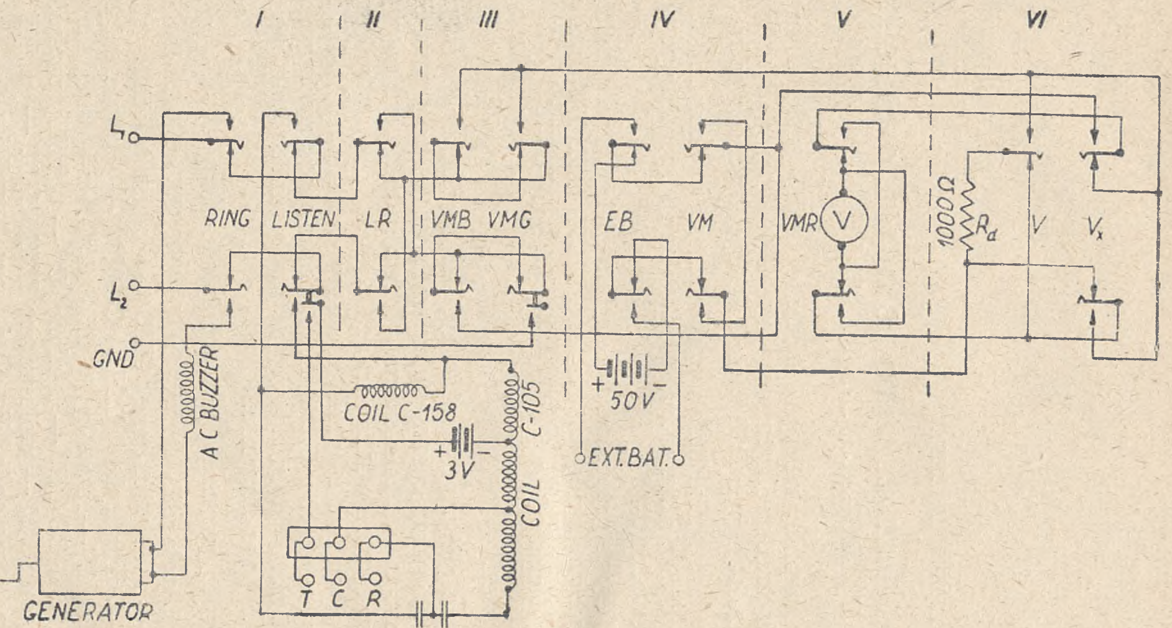
Pomiary te przeprowadza się bardzo łatwo za pomocą przyrzadu amerykańskiego pod nazwą TEST SET EE-65-E (zespół badaniowy EE-65-E). Spora ilość tych przyrządów nabytych z demobilu amerykańskiego znajduje się obecnie na zaopatrzeniu jednostek.

Jest to przyrząd przenośny, umieszczony w skrzynce ze szczelnie zamykającym się wiekiem, noszony na pasku. Skrzynka zawiera aparat telefoniczny MB z induktorem do wywoływania abonenta i woltomierz, za pomocą którego, po prostych przeliczeniach lub z tabeli, możemy określić oporność izolacji linii i oporności obwodów linii. Układ połączeń zmontowany jest po wewnętrznej stronie płyty czołowej umocowanej na zawiasach do korpusu skrzynki.

Schemat przyrządu jest przedstawiony na rys. 1.

Układ połączeń przyrządu TEST SET EE-65-E zawiera: „L_1... L_2“ — zaciski liniowe; „GND“ — zacisk uziemienia; „BUZZER“ — brzęczyk; „COIL C-105“ — autotransformator; „COIL C-188“ — dławik; „GENERATOR“ — induktor; listwa z gniazdami RCT („R“ — telefon; „C“ — wspólny przewód; „T“ — mikrofon); VM — woltomierz; EXT. BAT. — zaciski baterii zewnętrznej oraz opór 1000 Ω i 6 przełączników.

Rys. 2 przedstawia widok płyty zewnętrznej. Na tablicy rozmieszczone są:


I
II
III
IV
V
VI
RING
LISTEN
LR
VMB
VMG
EB
VM
VMR
V
1000 Ω
R_a
V
V_x
L_1
L_2
GND
A C BUZZER
COIL C-158
C-105
+ 3V –
COIL
+ 50V –
EXT.BAT.
T
C
R
GENERATOR

Rys. 1

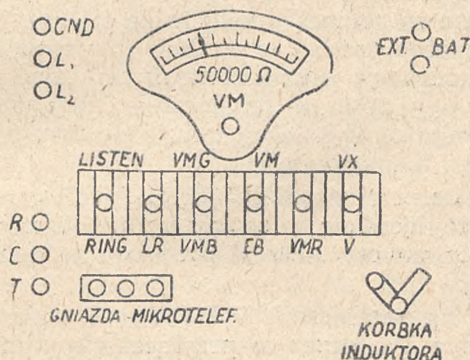
1 — zaciski do podłączenia linii (L_1 i L_2) i zacisk do podłączenia uziemienia (GND);

2 — woltomierz VM o zakresie 50 woltów z oporem wewnętrznym 50.000 omów;

3 — zaciski dla zewnętrznej baterii EXT. BAT.

Pod woltomierzem znajduje się 6 przełączników sprężynowych jedno lub dwupołożeniowych, a mianowicie:

I — „RING-LISTEN" (2 pozycje), II — LR (1 pozycja), III — „VMG-VMB" (2 pozycje), IV — „VM-EB" (2 pozycje), V — „VMR" (1 pozycja), VI — „VX-V" (2 pozycje). Pozycja środkowa jest pozycją spoczynkową. Poniżej umieszczone są: trójstykowe gniazwo (TCR) do podłączania mikrotelefonu, zaciski T, C, R, połączone równolegle ze stykami tego gniazda i korbka induktora. Na tylnej stronie płyty czołowej znajduje się: brzęczyk na prąd zmienny „AC BUZZER"; transformator telefoniczny „COIL C-105"; dławik telefoniczny „COIL C-158", zaciski bateryjne (3 V) baterii mikrofonowej aparatu telefonicznego i zaciski bateryjne (50 V) baterii dla pomiaru oporności. Do zasilania obwodu mikrotelefonu używa się dwu ogniw BA-30, które umieszcza się w przeznaczonym na to miejscu wewnątrz skrzynki.



Rys. 2.

Do zasilania obwodu przy pomiarze oporności umieszcza się wewnątrz skrzynki specjalną baterię 50 wolt podłączając końce baterii do odpowiednich zacisków. W braku takiej baterii można użyć baterii BAS-60 podłączając ją do zacisków zewnętrznych (EXT. BAT).

W celu dokonania pomiaru przyrząd przyłącza się do linii (zaciski L_1 i L_2) i uziemia się go (zaciski GND).

Sposób postępowania jest następujący:

a) Wywołanie abonenta

Chcąc wywołać abonenta (stację końcową, stację kontrolną) gałkę lewego skrajnego przełącznika przechyla się w położenie RING, przełączając tym samym induktor na linię (L_1 i L_2), po czym pokręca się korbką induktora.

b) Rozmowa

Chcąc rozmawiać przechyla się lewy skrajny przełącznik w położenie „LISTEN“ (w dosłownym tłumaczeniu — „Słuchać“), przez co przyłącza się linię (L_1 i L_2) do aparatu telefonicznego i następuje rozmowa. Po jej ukończeniu przełącznik ustawia się w położenie pośrednie spoczynkowe.

c) Pomiary oporności

I. Pomiar oporności pętli

Pomiaru oporności pętli dokonuje się przez dwukrotny pomiar spadku napięcia woltomierzem i ustalenie z tych danych szukanej wartości przez obliczenie lub w tabeli jak następuje:

1. Wywołuje się stację końcową lub nadzorcę liniowego na słupie kontrolnym w sposób opisany w punkcie (a).
2. Przechodząc za pomocą przełącznika I (Ring-Listen) na rozmowę w sposób podany w punkcie (b) wydaje się polecenie na stacji końcowej (słupie kontrolnym) „dać zwarcie“ przewodów L_1 i L_2, po czym przełącznik I ustawia się w położenie spoczynkowe. Z kolei dokonuje się dwu pomiarów spadków napięć, a mianowicie:
3. Przechyla się przełącznik III (VMB-VMG) w położenie VMB, przez co przyłącza się na zaciski pętli woltomierz, przy czym opór porównawczy 1000 Ω pozostaje na razie zwarty (rys. 3a i b).
4. Przechyla się przełącznik V I („Vx—V“, skrajny z prawej) w położenie V_x, przez co przyłącza się woltomierz bezpośrednio za zaciski liniowe L_1 i L_2 i zamyka się obwód przez opór 1000 Ω, co pozwala na pomiar spadku napięcia wprost na pętli (rys. 3c). Dokonuje się odczytu V_x i notuje się odczytane napięcie (w woltach). Po odczycie przłącznik V_x ustawia się z powrotem w pozycji spoczynkowej.

Odczytany spadek napięcia wyrażamy matematycznie wg prawa Ohma:

$$V_x = I \cdot R_x \text{ V} \qquad (1)$$

gdzie I jest natężeniem prądu w obwodzie (na razie o nieznanej wartości), R — szukaną wartością oporności pętli.

5. Celem określenia wartości natężenia prądu I dokonujemy następnego odczytu przechylając przełącznik V I w położenie „V". W tym położeniu woltomierz przyłączamy bezpośrednio na zaciski oporu $R_{1000} = 1000\ \Omega$ i mierzymy spadek napięcia na tym oporze (rys. 3d).

Z dostatecznym przybliżeniem przyjmujemy, że natężenie prądu w obwodzie posiada tę samą wartość zarówno przy ustawieniu przełącznika V I w położenie „Vx" i „V". Jest to dopuszczalne ze względu na dużą oporność woltomierza (50000 Ω); wówczas odczytany spadek napięcia równa się:

$$V = I \cdot R_{1000} = I \cdot 1000\ V \qquad (2)$$

Równanie to pozwala na wyliczenie natężenia prądu w obwodzie:

$$I = \frac{V}{1000}\ A$$

Wstawiając powyższą wartość do wzoru (1) możemy obliczyć oporność pętli:

$$R_x = \frac{V_x}{I} = V_x \cdot \frac{1000}{V}\ \text{omów} \qquad (3)$$

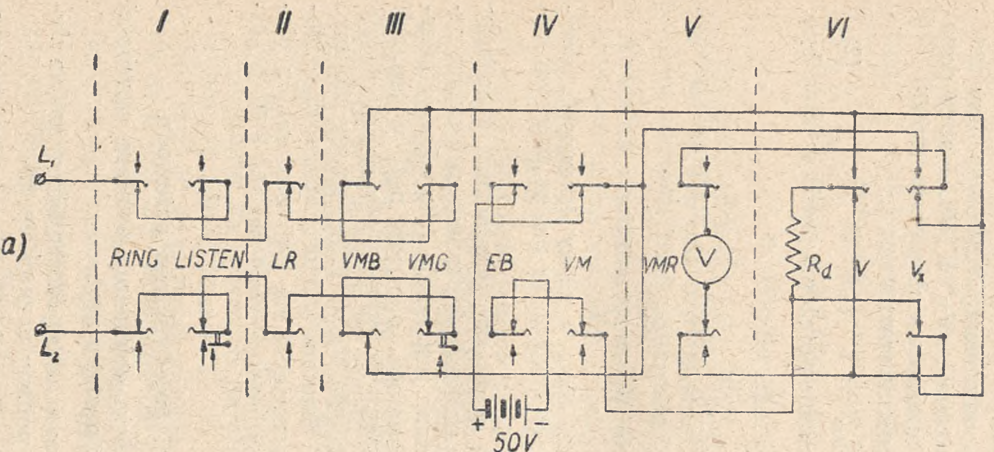
Uwaga. Pomiarów spadków napięć Vx i V należy dokonywać odczytując szybko wskazania woltomierza, by nie wyładowywać zanadto ogniw.

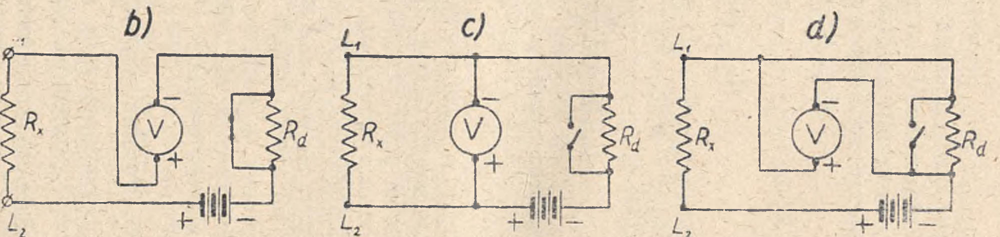
Po każdym skończonym pomiarze przełącznik stawiamy w położenie spoczynkowe. By uniknąć obliczania za każdym razem oporności pętli, przewidziana jest tabela (górna) przytwierdzona do wieka przyrządu, podająca „oporność pętli w omach" (LOOP RESISTANCE IN OHMS). W górnym poziomym rzędzie tabeli podane są wartości napięcia Vx. Z lewej strony pionowo podane są wartości napięcia V. Szukane wartości oporności obwodu znajdujemy w punkcie przecięcia się linii poziomej z pionową prowadząc je dla odpowiednich wartości V_x i V ustalonych za pomocą pomiaru.

II. Pomiar oporności pojedynczego przewodu

Sposób postępowania, celem dokonania pomiaru oporności pojedynczego przewodu, jest następujący:

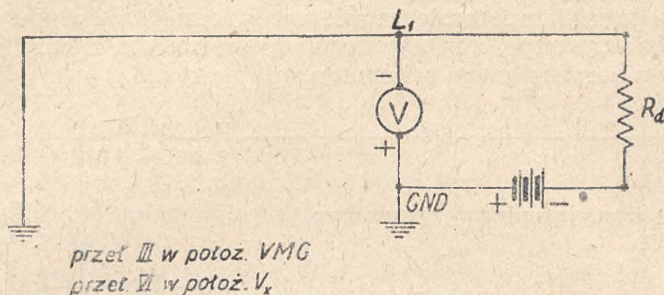
1. Wywołuje się stację końcową lub nadzorcę liniowego na słupie kontrolnym w sposób podany w punkcie (a).
2. Przechodząc za pomocą przełącznika I (Ring-Listen) na rozmowę w sposób podany w punkcie (b) wydaje się polecenie na stacji końcowej (słupie kontrolnym): „Dać ziemię na przewodzie L_1", po czym przełącznik I ustawia się w położenie spoczynkowe.


I
II
III
IV
V
VI
a)
L_1
L_2
RING LISTEN
LR
VMB VMG
EB VM
VMR
V
R_d
V
V_x
+ 50V −


b)
R_x
V
R_d
L_2
przet III w położ VMB
c)
L_1
R_x
V
R_d
L_2
przet. III w położ. VMB
przeł VI w położ. V_x
d)
L_1
R_x
V
R_d
L_2
przeł. III w położ VMB
przeł. VI w położ V

Rys. 3

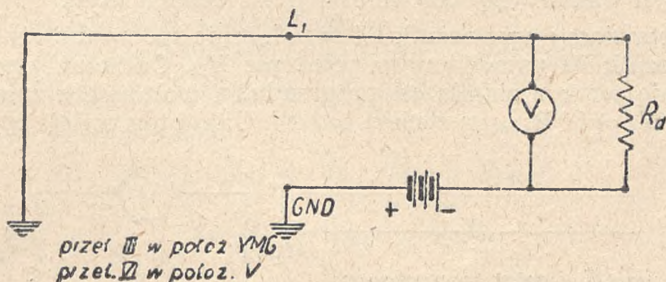
3. Przechyla się przełącznik III („VMB—VMG“) w położenie „VMG“, a przełącznik VI („Vx—V“) w położenie „Vx“; otrzymuje się przez to obwód pokazany na rys. 4. Woltomierz mierzy spadek napięcia V_x, jaki zaistnieje na odcinku: przewód L_1 i ziemia.



Rys. 4.

4. Pozostawiając przełącznik III („VMB—VMG“) w położeniu VMG“ przechyla się przełącznik VI w położenie V i odczytuje się wartość spadku napięcia na oporze $R_{1000} = 1000\ \Omega$, po czym ustawia się przełącznik w położenie spoczynkowe.

Schematyczny układ obwodu zamkniętego przez ustawienie przełącznika VI w położenie V podaje rys. 5.



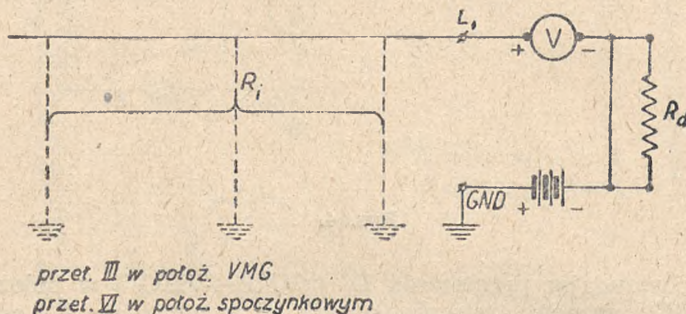
Rys. 5.

5. Na podstawie tabeli ustala się wartość oporności przewodu wraz z opornością ziemi odczytując ją w sposób podany poprzednio.

Chcąc zbadać oporność przewodu L_2 postępuje się zupełnie tak samo żądając, by stacja końcowa odizolowała przewód L_1 a uziemiła przewód L_2.

III. Pomiar oporności izolacji

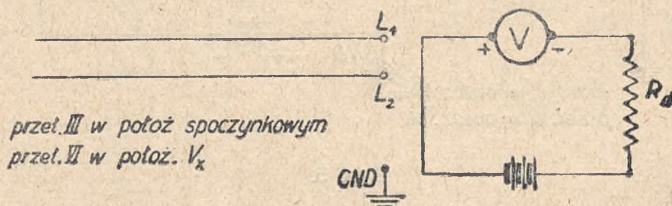
1. W sposób podany powyżej poleca się na stacji końcowej (słupie kontrolnym): „Dać izolację na obu przewodach"!
2. Przełącznik III ustawia się w położenie „VMG". W tym położeniu, gdy inne przełączniki znajdują się w pozycji spoczynkowej, opór R_{1000} jest zwarty, a woltomierz pełni rolę czułego miliamperomierza mierzącego natężenie prądu w obwodzie złożonym z przewodu L_1, oporu izolacji, ziemi i źródła prądu narysowanego schematycznie na rys. 6.



Rys. 6.

Ponieważ oporność izolacji przy dobrym jej stanie jest duża, w obwodzie popłynie prąd o niewielkim natężeniu (I_i), który wychyli wskazówkę woltomierza o V_{iz} działek skali.

3. Ustawiamy przełącznik III w położenie spoczynkowe, a przełącznik VI ustawiamy w położenie Vx. Odłączamy przez to linię wraz z ziemią od przyrządu, a woltomierz załączamy przez opór R_{1000} na zaciski baterii. Układ ten podaje rys. 7.



Rys. 7.

Tym razem natężenie prądu płynącego przez woltomierz w obwodzie, zawierającym tylko opór $R = 1000\ \Omega$, będzie w stosunku do poprzedniego znacznie większe i wskazówka woltomierza wychyli się o V_R działek skali.

W tym wypadku należy zdawać sobie sprawę z tego, że woltomierz spełnia rolę miliamperomierza, a wskazane przez niego wartości natężenia prądu odczytujemy formalnie w działkach skali wyrażających wolty.

Nie biorąc w rachubę oporności samego źródła prądu możemy powiedzieć, że wskazania natężenia prądu płynącego przez woltomierz, odczytane zresztą czysto formalnie w woltach, będą odwrotnie proporcjonalne do oporności obwodu w obu przypadkach.

Wskazanie natężenia prądu płynącego przez woltomierz i izolację w stosunku do wskazania natężenia prądu płynącego przez woltomierz i oporność R = 1000 Ω jest więc tyle razy mniejsze, ile razy suma oporności oporu woltomierza i izolacji jest większa od sumy oporności oporu woltomierza i oporu dodatkowego 1000 Ω

Oznaczmy te natężenia prądu, wyrażone w działkach skali woltomierza, a więc w woltach (oczywiście formalnie), następująco:

wskazania prądu przy izolacji V_{iz};

wskazania prądu przy oporze R_{1000} — V_R

Podana wyżej odwrotna proporcjonalność natężeń prądu i odnośnych oporności w obwodzie przedstawi się wówczas następująco:

$$\frac{V_{iz}}{V_R} = \frac{R_v + R_{1000}}{R_v + R_{iz}} \qquad (4)$$

gdzie R_v — oporność woltomierza;

R_{iz} — oporność izolacji przewodu L_1 względem ziemi;

R_{1000} — oporność oporu dodatkowego (1000 Ω).

Z równania (4) znajdujemy:

$$V_{iz} \cdot (R_v + R_{iz}) = V_R \cdot (R_v + R_{1000})$$

stąd

$$R_i = \frac{V_R\,(R_v + R_{1000}) - V_{iz} R_v}{V_{iz}} =$$

$$= \frac{V_R\,(50000 + 1000) - V_{iz} \cdot 50000}{V_{iz}} \text{ omów} \qquad (5)$$

Po wstawieniu do powyższego wzoru wskazań odczytanych na woltomierzu możemy obliczyć oporność odizolowanego przewodu w omach.

Jeżeli chcemy, by przytoczony wzór (5) pozwalał na określenie wartości oporności izolacji w megomach bez potrzeby dzielenia za każdym razem wyniku obliczenia przez 1 000 000, na-

dajemy mu nieco inną postać pomijając przy tym oporność R = 1000 Ω jako małą w stosunku do oporności woltomierza (50 000 Ω).

Pod tym założeniem otrzymamy:

$$R_i = \frac{50000\,(V_R - V_{iz})}{1000000\,V_{iz}} = \frac{1}{20} \cdot \frac{V_R - V_{iz}}{V_{iz}}\ M\Omega \qquad (6)$$

Wzór ten daje nieco mniejszą dokładność, jednak w danych warunkach wystarczającą do dobrego zorientowania się co do stanu izolacji linii.

Dolna tabela zatytułowana „Oporność izolacji w megomach" (Insulation Resistance in Megohms), która znajduje się na wieku przyrządu, pozwala na ustalenie tej wartości bez potrzeby obliczania. Posługujemy się nią w sposób podany poprzednio dla tabeli górnej. Znalezione za jej pomocą wartości opiewają w milionach omów (megomach).

Chcąc znaleźć oporność izolacji przewodu L_2 względem ziemi postępujemy zupełnie podobnie jak poprzednio, z tą różnicą, że naprzód ustawiamy przełącznik II w położenie L R, przez co odłączamy od przyrządu przewód L_1, na jego miejsce przyłączamy przewód L_2, co łatwo się da sprawdzić na załączonym rysunku układu połączeń. Dalszy sposób postępowania jest zupełnie ten sam jak poprzednio opisany w punkcie III pomiar oporności izolacji.

Wyjaśnimy jeszcze przeznaczenie przełączników IV i V.

Przełącznika IV używa się wtedy, gdy zamiast baterii wewnętrznej chcemy posłużyć się baterią zewnętrzną przyłączoną do zacisków „EXT. BAT". W tym celu ustawia się przełącznik IV w położenie „EB".

Poza tym, ten sam przełącznik pozwala na użycie przyrządu wprost jako woltomierza. Badane napięcie przykłada się na zaciski „L_1 — L_2" lub między zaciski „L_1 — GND" (L_2 — GND). Następnie przełącznik III ustawia się w położenie „VMB" lub „VMG", zależnie od tego, czy napięcie przyłożono na zaciski „L_1 — L_2" czy „L_1 (L_2) — GND". Po dokonaniu tych czynności przełącznik IV ustawia się w położenie „VM" załączając przez to woltomierz na te zaciski, do których przyłączono mierzone napięcie.

Przełącznik V służy do zmiany biegunowości doprowadzonego do woltomierza napięcia. Gdy zauważy się przy pomiarze, że wskazówka woltomierza wychyla się w niewłaściwą stronę, ustawiamy przełącznik V w położenie „VMR" krzyżując przez to bieguny woltomierza.

Na zakończenie przytoczymy kilka przykładów posługiwania się tabelami przy określaniu oporności izolacji lub oporności obwodów.

Przykład 1.

Mamy zmierzyć oporność izolacji linii. Po porozumieniu się ze stacją i odizolowaniu linii ustawiamy przełącznik III w położenie „VMG"; woltomierz wskazuje np. $V_{iz} = 10$ woltów. Ustawiamy przełącznik III z powrotem w położenie spoczynkowe, a przełącznik V przekładamy w położenie „V_x"; woltomierz wskazuje $V_R = 46$ woltów.

Obliczamy:

$$R_i = \frac{1}{20} \cdot \frac{V_R - V_{iz}}{V_{iz}} = \frac{1}{20} \cdot \frac{46 - 10}{10} = \frac{36}{200} = 0{,}18 \text{ megomów.}$$

Tę samą wartość możemy znaleźć bez liczenia na dolnej tabeli na skrzyżowaniu linii odpowiadających wskazaniom V_{iz} i V.

Przykład 2.

Mamy zmierzyć oporność pętli utworzonej z przewodów $L_1 - L_2$. Po porozumieniu się ze stacją, aby dała na przewodach zwarcie, ustawiamy przełącznik III w położenie VMB. Ustawiamy następnie przełącznik VI w położenie V_x; woltomierz wskazuje $V_x = 22$ woltów. Przekładamy ten sam przełącznik w położenie V; woltomierz wskazuje $V = 18$ woltów.

Obliczamy:

$$R_x = V_x \cdot \frac{1000}{V} = 22 \cdot \frac{1000}{18} = 1222 \text{ omów.}$$

Tę samą wartość możemy znaleźć, bez liczenia na górnej tabeli, na skrzyżowaniu linii odpowiadających wskazaniom V_x i V.

W celu ułatwienia posługiwania się przyrządem podajemy poniżej zestawienie jego przełączników wraz z ich przeznaczeniem.

Nr przełącznika	Położenie	Przeznaczenie
I	RING	Wywołanie abonenta lub wywołanie stacji (centrali) z linii
	LISTEN	Rozmowa z abonentem
II	LR	Podłączenie do woltomierza linii L_2 zamiast linii L_1

Nr przełącznika	Położenie	Przeznaczenie
III	VMG	Podłączenie do woltomierza jednej z linii L_1 lub L_2 i uziemienia GND Określenie V w wypadku mierzenia oporności izolacji linii
	VMB	Podłączenie do woltomierza obydwóch linii L_1 i L_2. Określenie V w wypadku mierzenia oporności izolacji linii
IV	EB	Podłączenie do woltomierza baterii zewnętrznej (EXT. BAT)
	EM	Wykorzystanie przyrządu jako woltomierza
V	VMR	Zmienianie biegunowości zacisków woltomierza
VI	V	Określanie V w wypadku mierzenia oporności pętli
	V_x	Określenie spadku napięcia na pętli przy V_x, przy wyznaczeniu jej oporności. Określenie w przybliżeniu napięcia baterii (V_R) w przypadku pomiaru oporności izolacji linii

Mjr inż. HENRYK SACHAREWICZ

ZASADY RADIOLOKACJI

Dość obszerna już obecnie popularna literatura o radiolokacji i radarze *) pozwala na zorientowanie się, że ta nowa gałąź radiotechniki nabrała zarówno dla celów wojskowych jak i cywilnych wielkiego znaczenia. Pod koniec wojny ani jednego okrętu czy samolotu nie wysłano w drogę bez aparatury radarowej.

Radar stosuje się przede wszystkim w następujących dziedzinach, jak:

1. Wykrywanie okrętów nawodnych i podwodnych oraz samolotów, bez względu na pogodę i porę doby, za pomocą aparatury naziemnej stałej lub ruchomej, okrętowej i samolotowej.
2. Przeciwdziałanie nalotom samolotów nieprzyjacielskich przez kierowanie własnym lotnictwem.
3. Kierowanie ogniem artylerii brzegowej i przeciwlotniczej za pomocą aparatury naziemnej, okrętowej lub samolotowej.
4. Kierowanie reflektorami, które zapalają się automatycznie dopiero wtedy, gdy natrafią na nieprzyjacielski samolot.
5. Kierowanie specjalnymi pociskami rakietowymi i regulowanie momentu ich wybuchu.
6. Bombardowanie „na ślepo", tj. przy zerowej widoczności z dużych i małych wysokości.
7. Kierowanie operacjami desantowymi.
8. Odróżnianie swoich okrętów i samolotów od nieprzyjacielskich.
9. Nawigacja i kierowanie okrętami i samolotami w drodze docelowej i powrotnej oraz tzw. „ślepe lądowanie".

---

*) Terminu *radiolokacja* będziemy używali jako okrelenia całokształtu techniki wykrywania za pomocą radia, słowo zaś *radar* zastosujemy jako nazwę aparatury.

10. Wykrywanie czołgów, artylerii pancernej i jednostek zmotoryzowanych przeciwnika.
11. Wykrywanie baterii moździerzy nieprzyjaciela lub wyrzutni broni rakietowej.
12. Badania meteorologiczne i prognoza pogody.
13. Pomiary uszkodzeń linii elektrycznych.

Tak szerokie możliwości zastosowania doprowadziły do olbrzymiego rozwoju urządzeń radarowych i powstania licznego szeregu jej odmian. Opracowano już około 200 różnych typów, których koszty budowy i instalacji przekroczyły sumę 3 miliardów dolarów. Radar w czasie wojny był strzeżony tajemnicą wojskową, obecnie jednak, ze względu na kolosalne znaczenie radaru dla zwiększenia bezpieczeństwa i ułatwienia nawigacji morskiej i powietrznej, przystosowuje się go do celów pokojowych.

Prace nad udoskonaleniem i uproszczeniem aparatury radarowej także i wojskowej trwają nieprzerwanie i pochłonęły wysiłki wielu specjalistów różnych dziedzin radiotechniki i fizyki elektronowej, opracowanie bowiem każdego fragmentu aparatury radarowej wymagało rozwiązania wielu nowych i trudnych zagadnień.

Konieczność stosowania w urządzeniach radarowych ultrawielkich częstotliwości (fal centymetrowych) wyłoniła nowe, często nieprzewidziane trudności, które trzeba było przezwyciężyć przez opracowanie nowych, nie stosowanych dotychczas konstrukcji. Znane nam sposoby wykonania obwodów drgań, typy lamp, rodzaje przewodów, materiałów izolacyjnych i gotowych zespołów dla układów połączeń okazały się zupełnie nieskuteczne i nie nadające się do pracy przy częstotliwościach przekraczających 3000 Mc (10 cm).

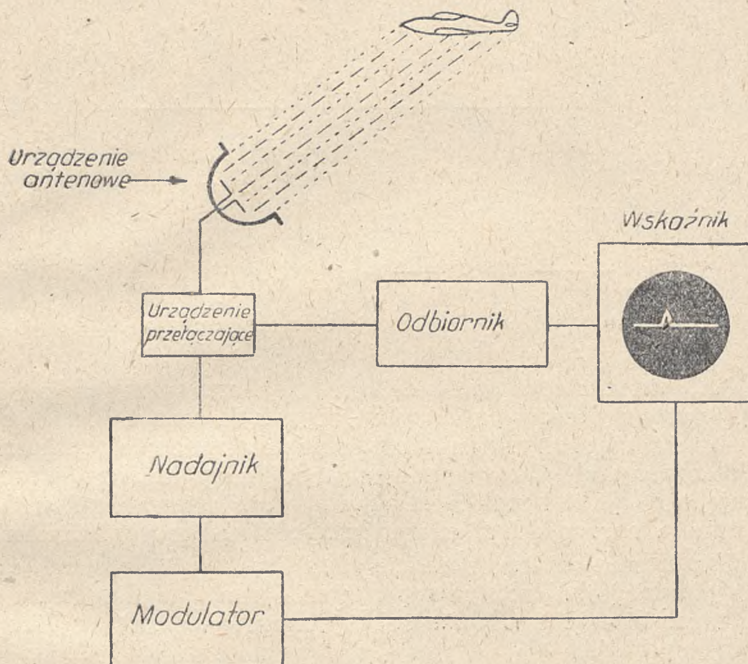
Zarówno wytwarzanie i nadawanie jak i odbiór ultrawielkiej częstotliwości stanowiły zupełnie nowe, obecnie już rozwiązane zagadnienia. Opracowano dla tych celów zupełnie nowe, nigdzie dotychczas nie spotykane konstrukcje anten kierunkowych dla fal ultrakrótkich, lampy i obwody drgań.

Wydaje się więc celowe zapoznanie łącznościowców, którym nie obce są zasady radiotechniki, choćby tylko z ogólnym działaniem i zasadą budowy aparatury radarowej.

Radiolokacja, czyli technika określania odległości i położenia celu za pomocą radia, opiera się na prostej zasadzie odbijania się fal elektromagnetycznych (zwłaszcza krótkich) od napotykanych na swej drodze przeszkód. Zjawisko to spostrzegł już Henryk Hertz jeszcze w roku 1886.

Praca części nadawczej urządzenia radarowego opiera się na wysyłaniu fal elektromagnetycznych w postaci niezmiernie krótkotrwających impulsów następujących po sobie w stosunkowo znacznych odstępach czasu. Nadajnik radarowy wytwarza prądy ultrawielkiej częstotliwości (rzędu 10000 Mc), które po zmodulowaniu, polegającym na wytworzeniu odpowiednich przerw tych prądów, doprowadza się w postaci krótkotrwałych impulsów drgań do anteny.

Ogólny schemat aparatury radarowej przedstawiony jest na rys. 1.

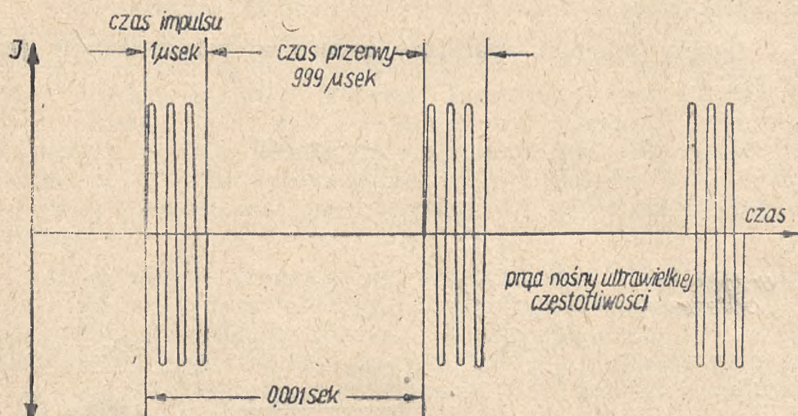


Rys. 1. Ogólny schemat aparatury radarowej

Czas trwania jednego impulsu drgań wynosi około 1 mikrosekundy (milionowa część sekundy), przerwa zaś między impulsami wynosi 999 μ sek., czyli jeden taki cykl (promieniowanie i przerwa) trwa 1 milisekundę (tysiączną część sekundy). Możemy więc łatwo obliczyć, że antena radarowa promieniuje 1000 impulsów drgań na sekundę.

Możemy również obliczyć, ile okresów drgań zawierać będzie jeden impuls nadajnika radarowego. Ponieważ czas trwa-

nia poszczególnego impulsu wynosi 1 μ sek., a częstotliwość fali nośnej f = 10000 Mc (λ = 3 cm), w okresie czasu jednego impulsu antena wypromieniuje 10000 drgnięć fali nośnej. Nadajnik radarowy pracuje więc jakby seriami, tak jak karabin maszynowy, przy czym ilość drgnięć w serii wynosi 10000 (przy λ = 3 cm) czas serii 1 μ sek., a odstęp między seriami — 999 μ sek (rys. 2).



Rys. 2. Impulsy ultrawielkiej częstotliwości w antenie radarowej

Antena nadawcza przeważnie jest wykorzystana i do odbioru, a w czasie przerwy między impulsami dołączana jest do odbiornika. W czasie wysyłania impulsów przez nadajnik odbiornik jest odłączany od anteny za pomocą specjalnego urządzenia przełączającego dla zabezpieczenia przed przedostawaniem się do odbiornika bardzo dużej energii mogącej uszkodzić odbiornik.

Urządzenie odbiorcze składa się z dwóch zasadniczych części: specjalnego odbiornika superheterodynowego dla ultrawielkich częstotliwości i wskaźnika optycznego — katodowej lampy oscyloskopowej.

Jeżeli wypromieniowany z anteny impuls napotka na swej drodze przeszkodę np. samolot, odbije się od niej częściowo i powróci do anteny; we wskaźniku optycznym odbiornika otrzymamy wówczas odpowiedni znak — występ („ząbek") na świecącej linii na ekranie wskaźnika. Znając szybkość rozchodzenia się fal elektromagnetycznych (c = 300 000 km/sek.) i różnicę czasów między momentem wysłania i odebrania impulsu możemy łatwo obliczyć odległość na jakiej impuls został odbity, a więc odległogłość — na jakiej znajduje się przeszkoda (np. samolot).

Ponieważ czas przerwy między impulsami (a więc i czas działania odbiornika) wynosi około 0,001 sek. (dokładnie 999

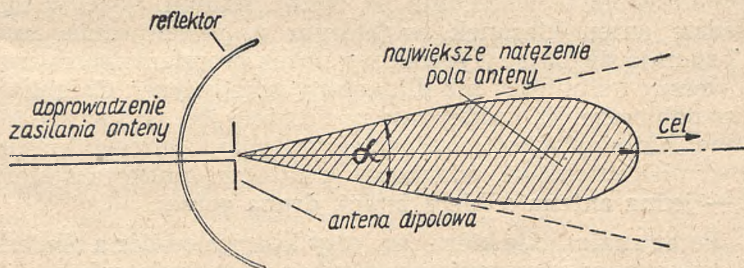
μ sek.), więc impuls elektromagnetyczny zdąży przebiec 300,000 · 0,001 = 300 km, co musimy podzielić na drogę jego od anteny do przeszkody i z powrotem. Zasięg więc działania rozpatrywanego urządzenia radarowego (największa możliwa odległość od przeszkody) wynosi 150 km. Wykrycie zbliżającego się nalotu nieprzyjacielskiego na odległości 150 km pozwala dostatecznie na wysłanie własnego lotnictwa przeciwdziałającego i przygotowanie artylerii przeciwlotniczej.

W celu zwiększenia zasięgu radaru można by zwiększyć przerwy między nadawanymi impulsami, jednak powiększenie zasięgu (czyli maksymalnej drogi impulsu) tak bardzo osłabia jego energię, że dla otrzymania wyraźnego „ząbka" na wskaźniku odbiornika trzeba by było bardzo znacznie powiększyć moc nadajnika. Poza tym zmniejszenie ilości impulsów powoduje słabsze „oświetlenie" celu, a stąd i słabszy znak w odbiorniku; przy szybszym ruchu anteny radarowej dla obszukania danej przestrzeni można by w tym wypadku zupełnie nie dostrzec celu. Częstotliwość więc 1000 impulsów drgań na sekundę jest wybrana jako najdogodniejsza.

Na ekranie fluoryzującym wskaźnika może być naniesiona dokładna skala w kilometrach, co pozwoli na bezpośrednie odczytywanie odległości celu.

Poza odległością za pomocą radaru można wyznaczyć azymut, czyli kąt kierunku celu w płaszczyźnie poziomej oraz kąt wzniesienia — w płaszczyźnie pionowej.

W urządzeniach pozwalających na wyznaczenie tych kątów zastosowane są specjalne anteny o wąskiej, jednokierunkowej charakterystyce promieniowania, którą uzyskuje się przez zastosowanie reflektora odbijającego wypromieniowaną przez antenę energię w jednym kierunku (rys. 3).



Rys. 3. Charakterystyka promieniowania anteny kierunkowej (reflektorowej)

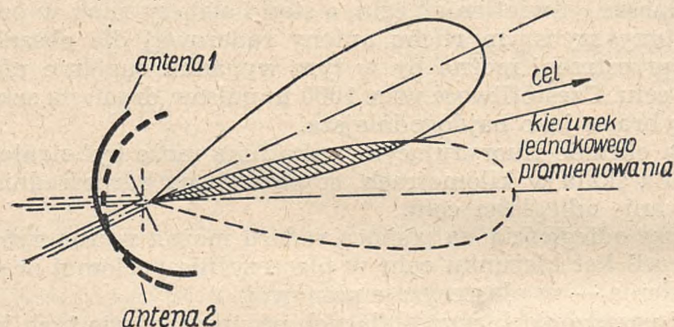
Konstrukcja takiej anteny pozwala na obrót jej wokół swej pionowej i poziomej osi. Dzięki temu można skierować promie-

niowaną energię na wycinek przestrzeni, w którym podejrzewa się obecność celu. Odebranie przez odbiornik odbitej energii (pojawienia się występu na ekranie) sygnalizuje wykrycie celu.

Położenie anteny, przy którym otrzymuje się największą wielkość odbitej energii, określa kierunek celu. Dokładność azymutu określonego tą metodą jest niewielka, gdyż kąt rozwarcia (α) promieniowania energii jest stosunkowo duży (rys. 3).

Niedokładności pomiarów występują szczególnie w radarowych urządzeniach okrętowych podczas kołysania okrętu. Gdy okręt kołysze się na boki powstają niedokładności pomiaru azymutu, gdy do przodu — niedokładności kąta wzniesienia.

Dużą dokładność wyznaczenia kątów można otrzymać za pomocą układu dwóch anten kierunkowych. Zasada działania tego układu jest przedstawiona na rys. 4.



Rys. 4. Układ anten kierunkowych

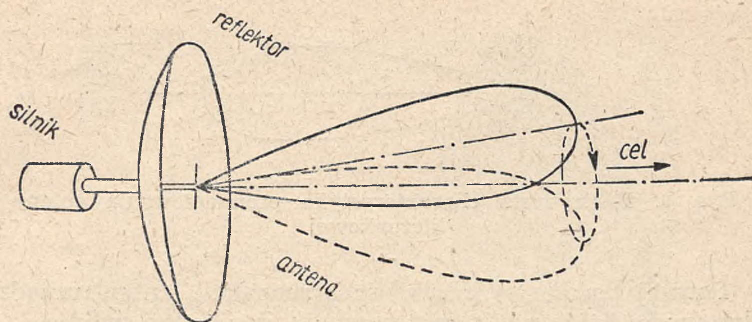
Anteny 1 i 2 są tak względem siebie przesunięte, że ich charakterystyki promieniowania pokrywają się tylko częściowo (zakreskowana powierzchnia na rys.4). Istnieje więc w takim układzie anten kierunek, w którym promieniowania anteny 1 i 2 sumują się, dając wypadkowy stożek promieniowania znacznie węższy i silniejszy niż dla anteny pojedynczej. Charakterystyka odbiorcza dla każdej anteny z osobna jest oczywiście identyczna. Możemy zatem powiedzieć, że tylko z jednego kierunku odbiór obu anten jest jednakowy, z każdego innego zaś kierunku — jedna antena odbiera lepiej, druga gorzej.

Przez znalezienie kierunku, przy którym odbiór z obu anten jest jednakowy, otrzymuje się dokładne położenie celu.

Zamiast dwóch anten można stosować jedną przestawianą z położenia 1 do położenia 2.

W nowoczesnych urządzeniach stosuje się takie właśnie anteny obracane dokoła osi, przez co uzyskuje się bardzo wąskie

charakterystyki promieniowania (rys. 5). Anteny takie pozwalają na odczytywanie kątów z dokładnością do 3 minut (1/20 stopnia).



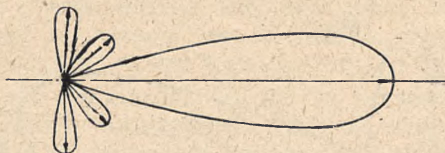
Rys. 5. Antena obracana

Również przez zmniejszenie długości fali promieniowanych drgań uzyskuje się, dzięki zmniejszeniom wymiarów anteny, węższą charakterystykę promieniowania, a więc i dokładniejszy pomiar. Jednak, jak doświadczenia wykazały, fale krótsze od 3 cm (10000 Mc) nie znajdują już zastosowania, gdyż odbijają się od kropel deszczu, śniegu i mgły, co zniekształca pomiar i uniemożliwia dokładne wykrycie celu.

Sama konstrukcja anteny radarowej wypływa z wyznaczonych jej do spełnienia zadań. Oprócz bowiem głównego zadania promieniowania wąskim snopem energii elektromagnetycznej i odbioru części tej energii odbitej od celu, musi jeszcze umożliwiać dokładne określenie kąta w poziomie (azymut) i kąta wzniesienia celu. Przeto jednym z głównych problemów było rozwiązanie zagadnienia odpowiedniej anteny. Prostsze i starsze urządzenia radarowe posiadały dwie oddzielne anteny: nadawczą i odbiorczą, obecnie stosuje się z reguły jedną antenę wspólnie dla nadawania i odbioru.

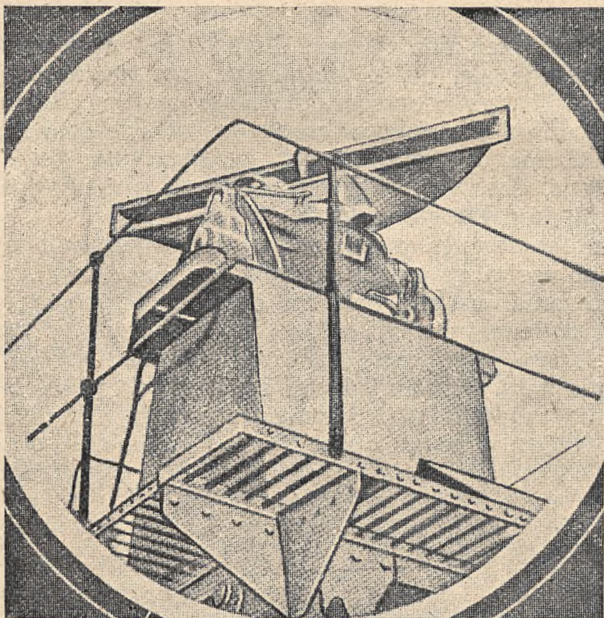
Najczęściej stosowanym typem anteny jest symetryczna antena dipolowa o całym szeregu dipolów ustawionych tak, aby promieniowanie ich w jednym żądanym kierunku sumowało się, w bocznych zaś kierunkach — wzajemnie się odejmowało i znosiło. Otrzymanie dokładnie jednokierunkowego promieniowania jest praktycznie niemożliwe i w rzeczywistości otrzymuje się zawsze pewne promieniowanie boczne, które na charakterystyce występuje w postaci dodatkowych bocznych „listków" (rys. 6). Promieniowanie boczne, oprócz zbytecznej straty mocy na skutek niepożądanych odbić, może spowodować błędny pomiar. Konstruktorzy anten i reflektorów zdążają do tego, by przez

odpowiedni kształt anteny uzyskać znaczne zmniejszenie promieniowania bocznego w porównaniu do promieniowania użytecznego.



Rys. 6. Rzeczywista charakterystyka promieniowania anteny kierunkowej

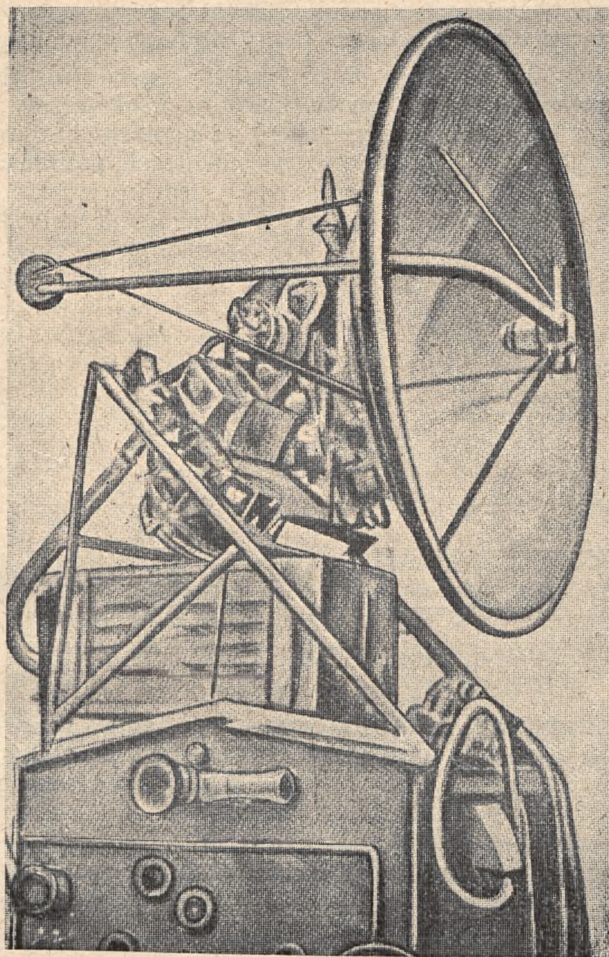
Poniżej podane są przykłady konstrukcji anten urządzeń radarowych, które miały zastosowanie w ubiegłej wojnie.



Rys. 7. Angielskie urządzenie radarowe „Cupid" sprzężone ze specjalnym mechanizmem obliczeniowym do wykrywania bomb latających

Rys. 7 przedstawia antenę angielskiego urządzenia radarowego do wykrywania pocisków latających, którymi Niemcy bombardowali Londyn.

Rys. 8 przedstawia urządzenie radarowe do nawigacji morskiej pracującej na fali 3 cm. Reflektor posiada tu kształt wnęki parabolicznej.



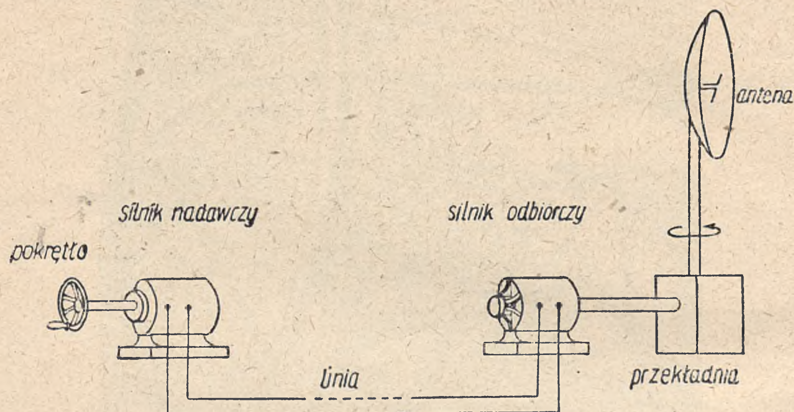
Rys. 8. Urządzenie radarowe do nawigacji morskiej

Aby znaleźć cel (np. nieprzyjacielski samolot) antena radarowa musi pokryć swym promieniowaniem całą dozorowaną za jej pomocą przestrzeń. Ponieważ snop wypromieniowanej energii jest wąski i obejmuje niewielką cząstkę przestrzeni, trzeba nim obszukiwać a więc niejako „obmiatać" obserwowaną prze-

strzeń. A zatem antena powinna dać się obracać i nachylać dla skierowania promieniowanej wiązki ukośnie w górę lub w dół.

W niewielkich urządzeniach radarowych można poruszać antenę ręcznie przez pokręcanie dźwigni lub pokrętła obracającego antenę w żądanym kierunku. Obrót anteny można również uzyskać przez włączenie specjalnego silnika napędowego.

W wielkich aparatach do poruszania ciężkiej instalacji antenowej potrzebne są już bardziej złożone mechanizmy. W tym celu stosuje się często zdalny napęd za pomocą silników synchronicznych prądu zmiennego (rys. 9). Jeżeli pokręcić wirnik



Rys. 9. Zdalny napęd anteny radarowej

silnika nadawczego, to automatycznie, bez żadnej mechanicznej przekładni, pokręci się wirnik silnika odbiorczego napędzającego antenę, która obróci się o pewien kąt. W ten sposób można „obszukać“ całą dozorowaną przestrzeń.

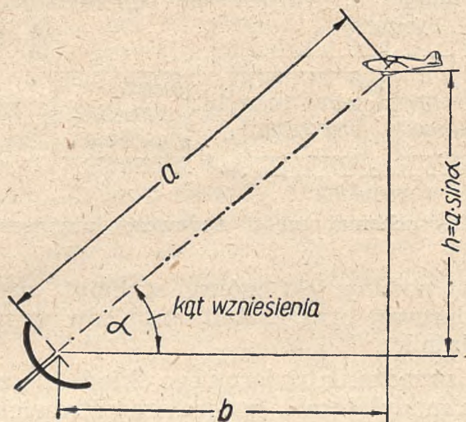
Gdy przestrzeń ta jest niewielka, obszukiwanie może się odbywać czysto elektrycznie, bardzo szybko i bez konieczności mechanicznego poruszania anteną. W pewnych wypadkach stosuje się również zmianę szerokości promieniowanego snopa energii.

Gdy cel zostaje wykryty, antena zatrzymuje się w położeniu najsilniejszego odbioru odbitej energii, przy czym na odpowiednich wskaźnikach odczytujemy odległość, azymut i kąt wzniesienia celu.

Po znalezieniu odległości i kąta wzniesienia można łatwo wyliczyć, na jakiej wysokości znajduje się wykryty radarem samolot (rys. 10).

Jeżeli odległość od wykrytego samolotu wynosi a metrów, a kąt wzniesienia α stopni, to wysokość h, na jakiej leci samolot, — wyniesie:

$$h = a \cdot \sin \alpha \text{ metrów}$$



Rys. 10. Obliczenie wysokości celu

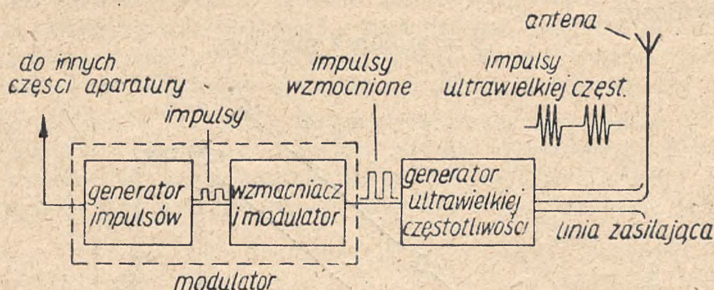
Do zasilania anten służą dwuprzewodowe linie, kable koncentryczne lub dla fal centymetrowych tzw. prowadnice fal (falowody); wszelkie inne rodzaje linii zasilających nie nadają się dla ultrawielkiej częstotliwości ze względu na powstające w nich zbyt wielkie straty w izolacji i ze względu na ich duże pojemności.

Mówiliśmy już wcześniej, że w aparaturach o wspólnej antenie do nadawania i odbioru istnieje specjalne urządzenie przełączające (rys. 1), które włącza w pewnym momencie antenę do nadajnika na czas jego pracy (1 μ sek.), a następnie przełącza ją na odbiornik (na czas 999 μ sek.). W tym urządzeniu przełączającym wykorzystane są właściwości tyratronów *), których zapłon i gaśnięcie powoduje włączanie i wyłączanie odpowied-

---

*) Tyratron jest to lampa prostownicza napełniona gazem i zawierająca siatkę czynną (sterującą). Potencjał siatki czynnej w tyratronie nie wpływa na wielkość prądu anodowego, jak to ma miejsce w elektronowej lampie próżniowej, lecz na wielkość napięcia zapłonu, tzn. napięcia krytycznego, przy którym nagle pojawia się w lampie prąd anodowy o dość dużym natężeniu. Przy doprowadzeniu do siatki czynnej tyratronu odpowiedniego napięcia zmiennego lampa będzie się blokowała i odblokowywała, przy czym czynności te mogą odbywać się niezwykle szybko w takt zmian napięcia siatki czynnej. To działanie tyratronu zastosowane do przełączenia anteny radarowej na nadajnik i odbiornik.

niej części aparatury; żaden bowiem mechanizm ruchomy nie nadążyłby w przełączaniu z szybkością 1000 razy na sekundę.



Rys. 11. Ogólny schemat części nadawczej urządzenia radarowego

Na rys. 11 podany jest ogólny schemat części nadawczej aparatury radarowej oraz kształt impulsów w poszczególnych stopniach nadajnika.

Nadajnik urządzenia radarowego składa się z zasadniczych dwóch części: modulatora i generatora ultrawielkiej częstotliwości.

Głównym zadaniem modulatora jest wytworzenie impulsów trwających 1 μ sek. z przerwami co 999 μ sek. i sterowanie za pomocą tych impulsów drganiami wytworzonymi w generatorze ultrawielkiej częstotliwości.

Modulator składa się zatem z dwóch członów. Pierwszym członem jest generator impulsów, który posiada kilka stopni. Ich ilość zależy od żądanego kształtu impulsu, mocy generatora i koniecznego stopnia stałości częstotliwości impulsów. Układ stopnia wzbudzającego tego generatora może być dowolny. Może to być generator drgań sinusoidalnych, multiwibrator, generator drgań relaksacyjnych *) itp.

Początkowy kształt impulsu nie ma wielkiego znaczenia — ważna jest tylko częstotliwość impulsów (w danym wypadku — 1000 na sekundę). Kształt impulsu formuje się dopiero w następnych stopniach generatora impulsów.

Drugim członem modulatora jest właściwy modulator, w którym następuje jeszcze wzmocnienie impulsów. Ze względu na pożądaną jak największą moc użyteczną nadajnika stopień modulacyjny musi również posiadać odpowiednią moc.

W aparatach radarowych znalazły zastosowanie stopnie modulacyjne różnej konstrukcji. Spotyka się modulatory pra-

*) Drgania relaksacyjne są to drgania powstające przy ładowaniu i wyładowaniu kondensatora przez oporność rzeczywistą.

cujące na układach lampowych, iskiernikach wirujących, dławikach z nasyconym rdzeniem.

Oprócz głównych zadań modulatora — wytworzenia impulsów i kierowania pracą generatora ultrawielkiej częstotliwości — zadaniem modulatora, a właściwie generatora impulsów w modulatorze, jest poza tym synchronizacja pracy pozostałych elementów aparatury, jak urządzenia przełączającego antenę i wskaźnika. Tak więc generator impulsów, oprócz głównego impulsu służącego do modulacji nadawania, daje jeszcze impulsy innym elementom aparatury.

W generatorze drgań ultrawielkiej częstotliwości zastosowano zupełnie nowe elementy nie spotykane dotychczas w innych urządzeniach. Zwykłe obwody drgań z cewką i kondensatorem oraz stosowane dotychczas lampy okazały się zupełnie nieprzydatne ze względu na olbrzymie straty spowodowane zjawiskiem naskórkowości, promieniowania przewodów, pojemnościami pasożytniczymi itp.

W nowoczesnych urządzeniach radarowych pracujących na falach centymetrowych zastosowano jako obwody drgań tzw. rezonatory wnękowe; jako przewody stosuje się specjalne falowody — rury z centrycznie umieszczonym przewodem.

Generacja drgań ultrawielkiej częstotliwości odbywa się za pomocą specjalnych lamp zwanych magnetronami, w których sterowanie ruchem elektronów odbywa się za pomocą pola magnetycznego. Zastosowanie magnetronu pozwala na wytworzenie drgań rzędu 30000 Mc ($\lambda = 1$ cm) i osiągnięcie wielkiej mocy tych drgań, dochodzącej do 1000 kw.

Nadajnik radarowy w odróżnieniu od zwykłych nadajników radiowych pracuje w zupełnie odmiennych warunkach. Po nadaniu impulsu trwającego 1 mikrosekundę następuje dłuższa przerwa (999 µ sek. wykorzystana dla odbioru). Wypromieniowana więc moc użyteczna musi być zawarta w krótkim impulsie. Ponieważ czas trwania impulsu jest nieznaczny (w ciągu sekundy łączny czas trwania impulsów wynosi 0,001 sek.), średnia moc nadawania znacznie maleje (w danym wypadku 1000 razy). Stąd widać, że pożądane jest jak największe skupienie energii w krótkim impulsie.

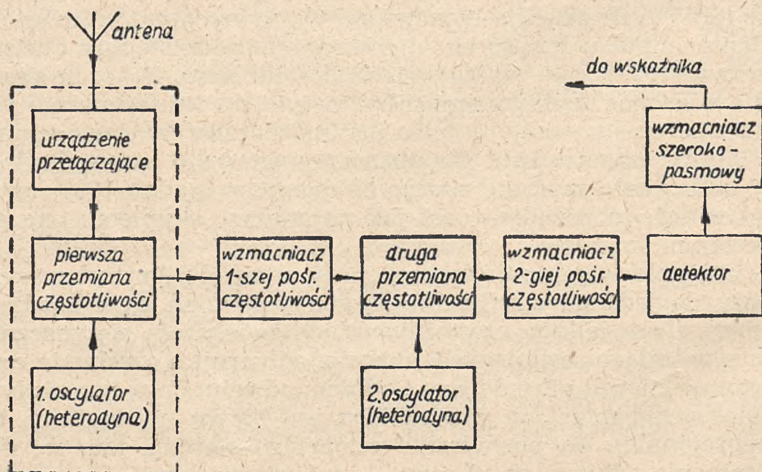
Osiągnięcie jak największej mocy w nadajniku radarowym należy do jednego z najtrudniejszych zagadnień, tym bardziej że przy ultrawielkich częstotliwościach zwiększają się znacznie straty w liniach zasilających, antenie, odbiorniku a głównie rozproszenie energii przy dojściu i odbiciu od celu. Poza tym wpływ powiększenia mocy na siłę odbioru jest bardzo nieznaczny, bo proporcjonalny do pierwiastka czwartego stopnia, tzn. że dla polepszenia odbioru np. 2 razy — należy zwiększyć moc nadawania $2^4 = 16$ razy.

Przechodząc do omówienia zasady pracy odbiornika radarowego podkreślić należy, że odbiornik urządzenia radarowego musi posiadać bardzo wielką czułość, ponieważ bardzo znikoma część energii wypromieniowanej dochodzi po odbiciu się od celu do odbiornika. Oprócz tego odbiorniki radarowe cechuje wielka szerokość przepuszczanego pasma częstotliwości, co jest niezbędne do otrzymania prawidłowego pomiaru odległości. Obwody odbiornika bowiem nie powinny zniekształcać formy odbieranego impulsu, co uzyskuje się przy szerokości przepuszczanego pasma, wynoszącej 1,2—1,5 częstotliwości, odpowiadającej czasowi trwania impulsu (T = 1 μ sek.); stąd szerokość przepuszczanego przez obwody odbiornika pasma częstotliwości wyniesie:

$$f = (1,2 - 1,5) \cdot \frac{1}{T} = (1,2-1,5) \cdot \frac{1}{1 \cdot 10^{-6}} = 200000 - 1500000 \text{ cykli.}$$

Jest to, jak widać ,bardzo szerokie pasmo w porównaniu z pasmem zwykłego odbiornika radiofonicznego, wynoszącym zaledwie 8000—10000 cykli.

Odbiorniki radarowe są wyłącznie superheterodynowe. Stopnia wzmocnienia wielkiej częstotliwości nie stosuje się ze względu na duże straty przy ultrawielkiej częstotliwości i prądy z anteny doprowadza się bezpośrednio do stopnia przemiany częstotliwości. Przemiana częstotliwości odbywa się w detektorze stykowym (np. kryształkowym); zastosowanie do tego celu znanych nam lamp (diody) jest niemożliwe ze względu na zbyt wielkie pojemności międzyelektrodowe.



Rys. 12. Ogólny schemat odbiornika radarowego

Układ odbiornika radarowego przedstawiony jest schematycznie na rys. 12. W radioodbiornikach radarowych na ultrawielką częstotliwość pierwszy oscylator odbiornika posiada specjalną nie spotykaną dotychczas konstrukcję, stanowiącą połączenie lampy elektronowej z rezonatorem wnękowym pracującym jako obwód drgań. Układ taki nosi nazwę **klistronu.**

Celem uzyskania dużego wzmocnienia (czułości) w odbiorniku radarowym stosuje się podwójną przemianę częstotliwości, gdyż pierwsza częstotliwość pośrednia jest jeszcze zbyt wielka i odpowiednie wzmocnienie jej jest trudne.

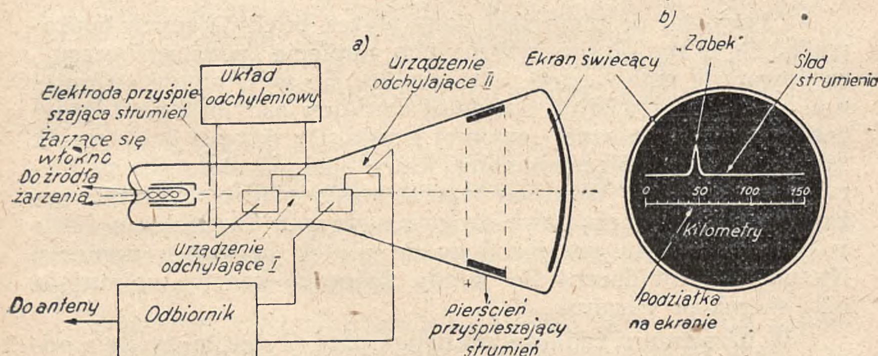
Po wzmocnieniu pierwszej częstotliwości pośredniej następuje druga przemiana częstotliwości, a uzyskaną tu drugą częstotliwość pośrednią jeszcze wzmacniamy i doprowadzamy do detektora.

Po detekcji impuls odebrany doprowadza się do wzmacniacza o szerokim pasmie przepuszczania. Wzmocniony impuls doprowadza się już do wskaźnika. Wzmacniacz szerokopasmowy stosuje się taki, jaki spotyka się w odbiornikach telewizyjnych.

Konstrukcja wskaźnika radarowego zależy od typu aparatury. W prostszych urządzeniach stosuje się zwykły oscyloskop katodowy stosowany w miernictwie elektrycznym.

Oscyloskop taki przedstawiony jest na rys. 13.

W bańce szklanej o kształcie rozszerzającej się stożkowo rury, w wąskim jej końcu znajduje się pośrednio żarzona katoda pokryta tylko częściowo powierzchnią emitującą.



Rys. 13. Oscyloskop katodowy

Elektrony emitowane przez katodę wybiegają z niej w postaci wąskiego snopa i przyciągane są przez dodatni potencjał anody umieszczonej w dalszej części oscyloskopu.

Celem uzyskania jak największego strumienia elektronów katoda otoczona jest cylindryczną elektrodą skupiającą z małym otworem w jej dnie. Elektroda ta zwana jest również cylindrem Wehnelta. Ujemne napięcie przyłożone do tej elektrody powoduje silne skupienie się elektronów przebiegających przez jej otwór w stronę anody. W celu całkowitego zablokowania oscyloskopu, tj. niepozwolenia na wydostanie się elektronów wyemitowanych przez katodę w kierunku anody, wystarczy przyłożyć do elektrody skupiającej odpowiednio wysoki potencjał ujemny.

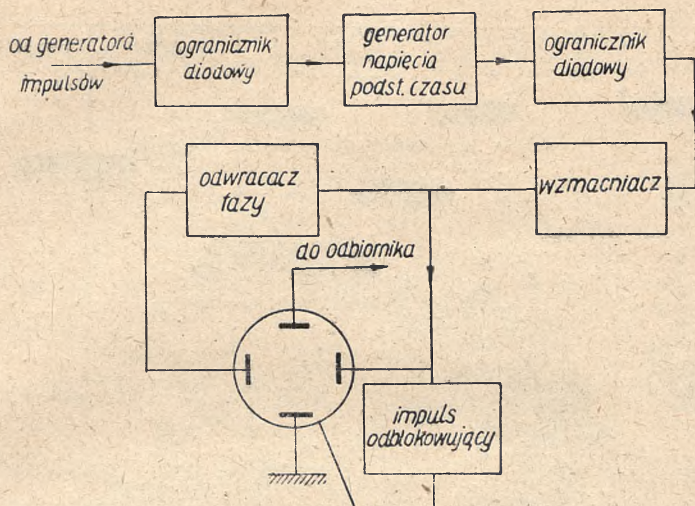
Anoda oscyloskopu zbudowana jest często również w formie cylindra z otworem w dnie, wobec czego wąski strumień elektronów przyciąganych przez anodę przebiega z rozpędu przez otwory w anodzie i nie napotykając dalej żadnych przeszkód pada na rozszerzone dno ekranu bańki oscyloskopu. Dno to pokryte jest substancją świecącą pod wpływem uderzeń padających na nią elektronów. Świecący ślad strumienia elektronów widać doskonale poprzez szkło bańki (rys. 13 b).

W drodze swej między anodą a ekranem strumień elektronowy przebiega między dwiema parami równoległych do siebie płytek metalowych tworzących jakby dwa płaskie kondensatory przekręcone względem siebie o 90°. Przyłożenie na płytki pewnego napięcia powoduje powstanie między nimi pola elektrycznego. Przebiegające między płytkami elektrony doznają w tym polu odchylenia, przy czym pierwsza para płytek (licząc od katody) zmieni kierunek strumienia elektronów w płaszczyźnie poziomej, druga zaś — w płaszczyźnie pionowej.

Zazwyczaj do pierwszej pary płytek odchylających doprowadza się w sposób przerywany tzw. napięcie „podstawy czasu", co powoduje ustawicznie powtarzające się wychylenie strumienia elektronów wzdłuż poziomej średnicy oscyloskopu i świecenie ekranu w postaci poziomej kreski. Do drugiej pary płytek przykłada się napięcie badane, które odchyla strumień w kierunku pionowym. Wskutek tego świecący ślad traci postać poziomej kreski znacząc swą drogę na ekranie oscyloskopu ściśle według przebiegu przyłożonego do płytek badanego napięcia. Na ekranie uwidoczni się wtedy świecąca krzywa zajmująca całą szerokość ekranu.

W urządzeniu radarowym drugą parę płytek łączy się z odbiornikiem, przez co płytki te otrzymują napięcie tylko w momentach odbieranych impulsów. Każdy odebrany impuls wychyla strumień elektronów względem poziomej podstawy czasu pionowo do góry na bardzo krótki czas, dzięki czemu wychylenie strumienia kształtuje się na ekranie jako pionowy występ („ząbek") widoczny na rys. 13 b.

Ogólny schemat układu wskaźnika radarowego przedstawia rys. 14.



Rys. 14. Ogólny układ wskaźnika radarowego

Generator napięcia podstawy czasu wytwarza napięcia odchylające strumień w kierunku poziomym. Napięcie to jest synchronizowane z pracą całej aparatury za pomocą impulsów doprowadzonych z generatora impulsów. Po odpowiednim ukształtowaniu przebiegu tego napięcia i wzmocnieniu go doprowadza się je do pierwszej pary płytek odchylających, przy czym do drugiej płytki dochodzi ono poprzez „odwracacz fazy", dzięki któremu znaki potencjałów na obu płytkach są zawsze przeciwne.

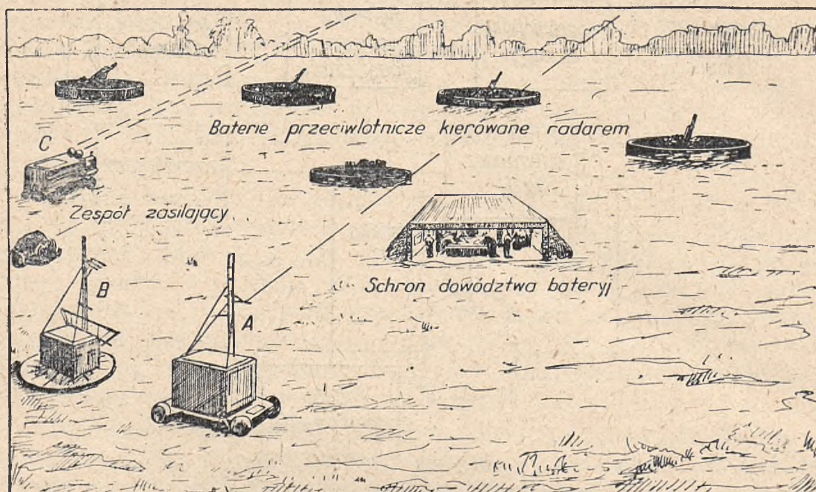
Drugą parę płytek odchylających łączy się z wyjściem odbiornika, skąd przychodzi impuls energii odbitej od celu.

Do elektrody skupiającej, która posiada zawsze potencjał blokujący oscyloskop, doprowadza się impuls oblokowujący oscyloskop na czas odbioru.

Aparaturę radarową zasila się zwykle ze wspólnego zespołu wytwarzającego energię elektryczną wystarczającą do uruchomienia pomocniczych silników i zasilania wszystkich elementów urządzenia. Moc takiego zespołu sięga dla większych typów kilkudziesięciu do kilkuset kilowatów.

Podamy pokrótce kilka przykładów zastosowania radaru w wojsku w ostatniej wojnie i objaśnienie pracy tych urządzeń.

Przykład zastosowania radaru do kierowania ogniem artylerii przeciwlotniczej przedstawia rys. 15.



Rys. 15. Kierowanie bateriami przeciwlotniczymi za pomocą radaru

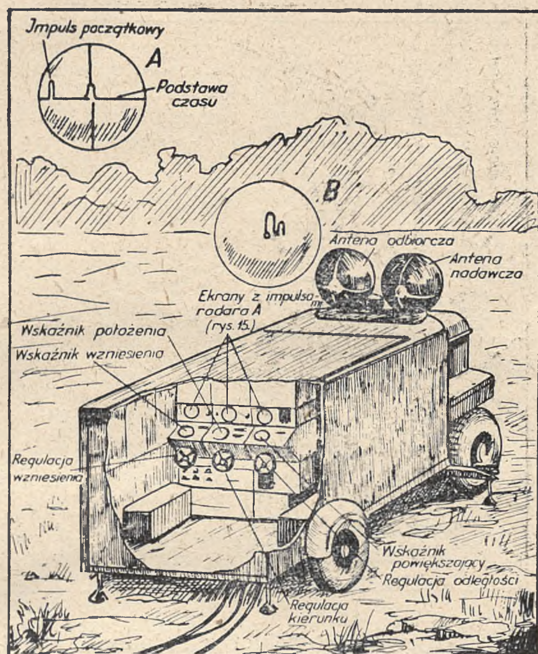
Nadajnik radarowy „A" o szerokim strumieniu promieniowanej energii obszukuje dużą przestrzeń powietrzną.

Odbiornik „B" chwyta odbitą od nieprzyjacielskiego samolotu energię i określa w przybliżeniu kierunek, odległość i wzniesienie wykrytego samolotu.

Dane te przesyła się elektrycznie (kabłami) do samochodu „C" z aparaturą radarową pracującą na fali centymetrowej i określającą z dużą dokładnością wszystkie dane. Dane te automatycznie doprowadza się do schronu, gdzie mieści się dowództwo baterii. Po wyliczeniu danych do strzelania (z uwzględnieniem oczywiście ruchu samolotów) przesyła się je do dział, które automatycznie ładują się, nastawiają i strzelają. Wszystkie te czynności odbywają się bardzo szybko i dokładnie.

Rysunek 16 przedstawia samochód („C" według rys. 14) z aparaturą radarową dla fal centymetrowych. Na dachu wozu znajdują się oddzielne anteny: nadawcza i odbiorcza z reflektorami, wewnątrz zaś wozu wszystkie pozostałe elementy nadajnika i odbiornika. Z chwilą trafienia promieniowanej wiązki na cel, na ekranach oscyloskopów ukazują się występy, których odległości lub wysokości reguluje się za pomocą odpowiednich pokręteł.

Dla odczytania odległości celu sprowadza się występ do środka skali („A“ na rys. 16), dla odczytania zaś wzniesienia trzeba zrównać wysokości obu występów („B“ na rys. 16).



Rys. 16. Samochód z aparaturą radarową

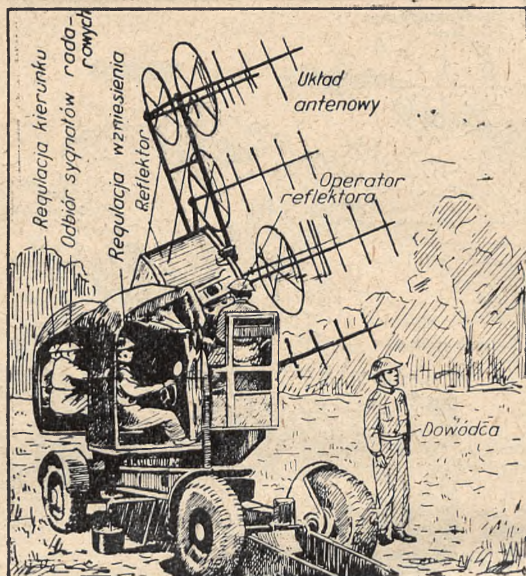
Na rys. 17 przedstawiony jest reflektor przeciwlotniczy sprzężony z urządzeniem radarowym. Zapala się on dopiero wtedy, gdy radar wykryje znajdujący się w jego zasięgu samolot nieprzyjacielski.

Nowoczesne radary w samolotach i okrętach odtwarzają na oscyloskopie świetlną mapę miejscowości widzianej jakby z punktu odpowiadającego położeniu danego samolotu lub okrętu w środku ekranu. Jest to system tzw. PPI *).

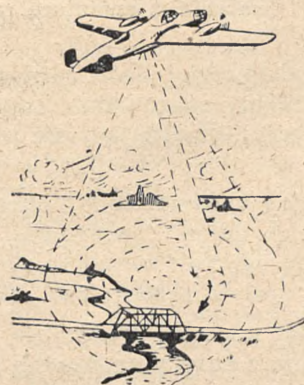
Zasada działania takiego urządzenia polega na tym, że wiązka promieniowana z anteny radarowej wykonuje ruch spiralny (rys. 18). Taki sam ruch (w mniejszej oczywiście skali)

*) PPI — skrót słów angielskich: Plan Position Indicator — oznaczających wskaźnik położenia na planie (mapie).

wykonuje strumień elektronowy po ekranie oscyloskopu. Każdemu punktowi padania (i odbicia) energii fal elektromagnetycznych odpowiada punkt świetlny na ekranie oscyloskopu.



Rys. 17. Reflektor z radarem



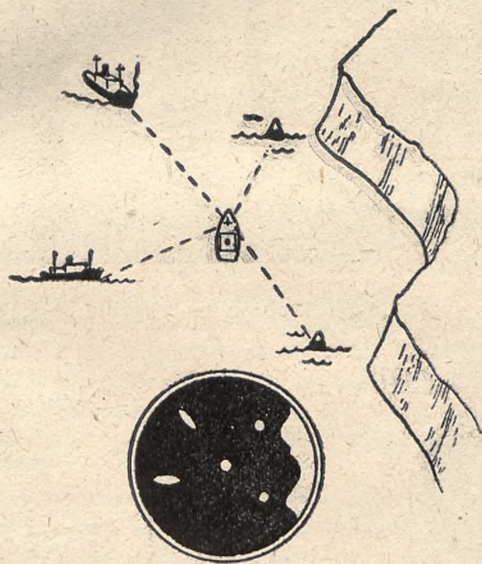
Rys. 18. Ruch wiązki promieniowanej z anteny w systemie PPI

Stopień odbicia nie wszędzie jest jednakowy: budynki mieszkalne i przemysłowe odbijają energię elektromagnetyczną

lepiej niż ziemia; ziemia lepiej niż woda, a najlepiej odbijają metalowe konstrukcje: mosty, tory kolejowe itp.

Ponieważ oscyloskop PPI pracuje tak, że natężenie (gęstość) strumienia elektronowego zmienia się w zależności od wielkości odbitej energii, na ekranie zarysuje się obraz miejscowości „obszukiwanej“ przez obracającą się antenę.

Konstrukcja taka bardzo jest pomocna w nawigacji morskiej i powietrznej. Bez względu na pogodę, noc, mgłę czy specjalnie utworzone zasłony dymne nawigator widzi na oscyloskopie położenie brzegu, boje ostrzegawcze oraz sąsiednie okręty swoje i nieprzyjacielskie (rys. 19). Pomaga mu to uniknąć zderzenia i zwalczyć nieprzyjaciela.



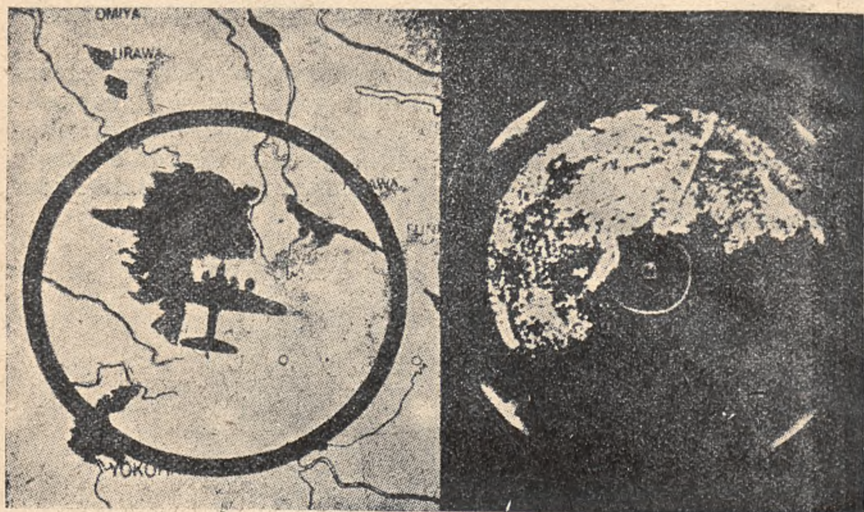
Rys. 19. Obraz sytuacji na ekranie PPI

Podobnie lotnik, porównując otrzymany obraz na ekranie z mapą, orientuje się w swym położeniu, rozmieszczeniu celów do bombardowania itd. (rys. 20).

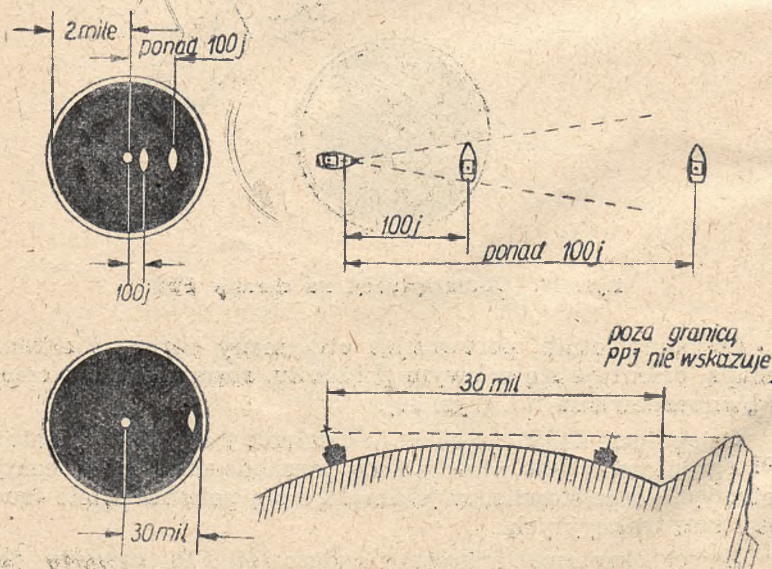
Osiągnięcie żądanego zakresu działania i czułości aparatury PPI ograniczone jest właściwością rozchodzenia się fal centymetrowych oraz stopnia, w jakim daje się pokonać wiele trudności konstrukcyjnych.

Zasięg okrętowej aparatury radarowej PPI zawarty jest w granicach: od 100 jardów (90 m) do 30 mil (50 km).

Dolna granica uwarunkowana jest czasem potrzebnym na wypromieniowanie impulsu, górna zaś — prostoliniowym rozchodzeniem się fal centymetrowych i kulistością ziemi (rys. 21).



Rys. 20. Mapa i obraz na ekranie PPI lotnika



Rys. 21. Dolna i górna granica wskazań PPI

Jeżeli w obrębie obserwacji radaru znajduje się kilka celów (np. okręty, boje, wybrzeże), wszystkie one są uwidocznione na ekranie (rys. 19). Rozdzielenie jednak poszczególnych celów na ekranie oscyloskopu uwarunkowane jest wzajemnym ich położeniem.

Jeśli na kierunku obserwacji radaru znajdują się dwa cele jeden za drugim, pierwszy cel może zasłonić drugi, jeśli odległość między nimi jest nieznaczna (mniejsza niż 100 jardów). Wówczas na ekranie widać tylko jedną plamę świetlną zamiast dwóch (rys. 22 a).

Zjawisko to tłumaczy się tym, że odległość między celami jest mniejsza od połowy drogi, którą zdąży przebiec fala elektromagnetyczna w ciągu trwania jednego impulsu.

Podobne zjawisko obserwuje się również na kierunku poprzecznym, gdy oba cele znajdują się w obrębie snopa wypromieniowanej energii (rys. 22b). Zwężenie jednak snopa poniżej 1°—2° jest niedopuszczalne, gdyż może spowodować niezauważenie celu wskutek zbyt małej ilości trafiających weń impulsów.

Dokładność obrazu na ekranie oscyloskopu zależy od wielu czynników: od długości, kształtu i częstotliwości impulsów, ilości obrotów anteny, czułości odbiornika, wielkości punktu świetlnego wywołanego strumieniem elektronowym na ekranie oscyloskopu, bezwładności świetlnej materiału świecącego, tj. czasu potrzebnego na zniknięcie świecenia ekranu od chwili ustania pobudzania go w danym punkcie do świecenia itd.

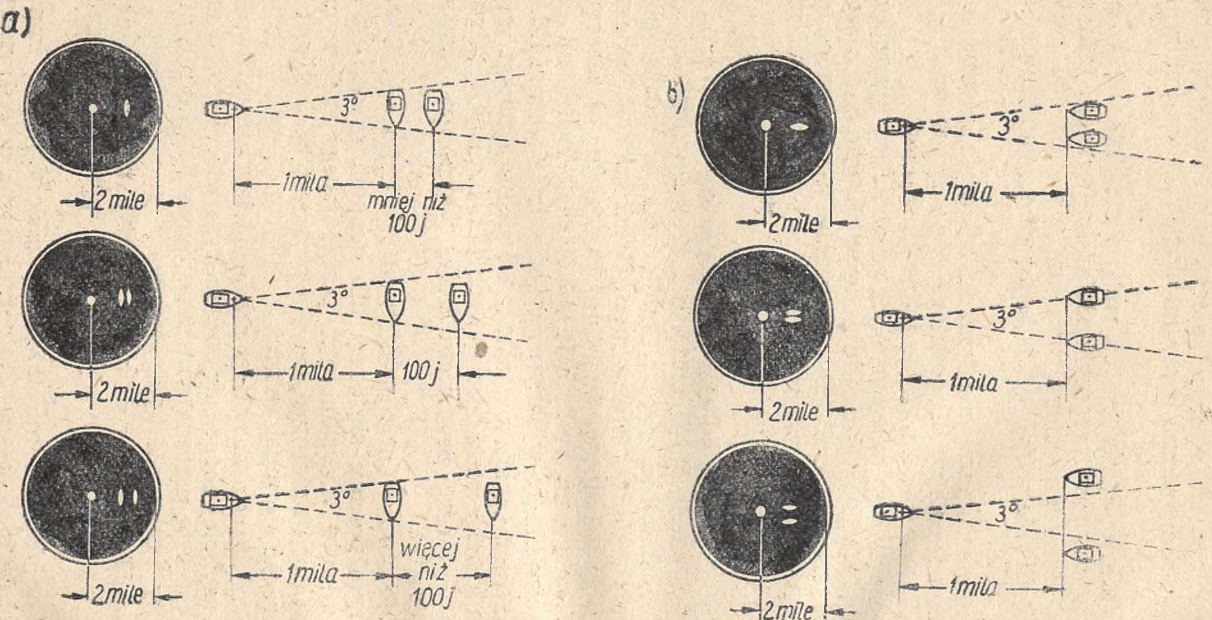
Wiele z tych czynników zależy od siebie a nawet wpływa w kierunkach wzajemnie przeciwnych tak, iż przy konstruowaniu trzeba wybierać pewne wielkości kompromisowe dające najlepszy rezultat.

Szybkość obrotu anteny zależy od szybkości zmian otoczenia, w którym posuwa się okręt lub samolot, a więc od szybkości tego okrętu czy samolotu posiadającego na swym pokładzie aparaturę radarową. Im większa jest ta szybkość, tym szybciej obracać się musi antena.

Z szybkością obrotu anteny związana jest częstotliwość impulsów. Im szybciej obraca się antena, tym więcej trzeba wysłać impulsów, gdyż w przeciwnym razie obraz na ekranie nie będzie wyraźny i cel może być niezauważony.

Wydawałoby się, że należy jak najbardziej powiększać częstotliwość impulsów, co pozwoli na osiągnięcie większej dokładności.

Z drugiej strony nie można jednak wysyłać impulsów częściej, niż na to pozwala czas potrzebny na dojście energii do celu i powrót jej po odbiciu do odbiornika.



Rys. 22. Dokładność systemu PPI w kierunku obserwacji (a) i w kierunku poprzecznym (b)

Ekran PPI obejmuje całą przestrzeń zasięgu radaru.

Aparatura może być skonstruowana tak, aby można było zmieniać zakresy zasięgu w zależności od warunków lub żądanej dokładności. W tym celu stosuje się podział zasięgu zwykle na trzy podzakresy.

Zakres najmniejszy celem dokładnego zbadania najbliższego sąsiedztwa obejmuje przestrzeń o promieniu 2 mil (3,2 km). Mniejszych zakresów już nie stosuje się, gdyż obraz na ekranie staje się niewyraźny.

Zakres średni obejmuje przestrzeń dającą ogarnąć się ludzkim okiem o promieniu 6—10 mil, czyli 10—16 km.

Największy zakres używany do wykrycia dalekich, skalistych brzegów, zbliżającego się nieprzyjaciela itp. dochodzi do 50 mil (90 km).

Należy przy tym pamiętać, że własny okręt czy samolot znajduje się w środku ekranu.

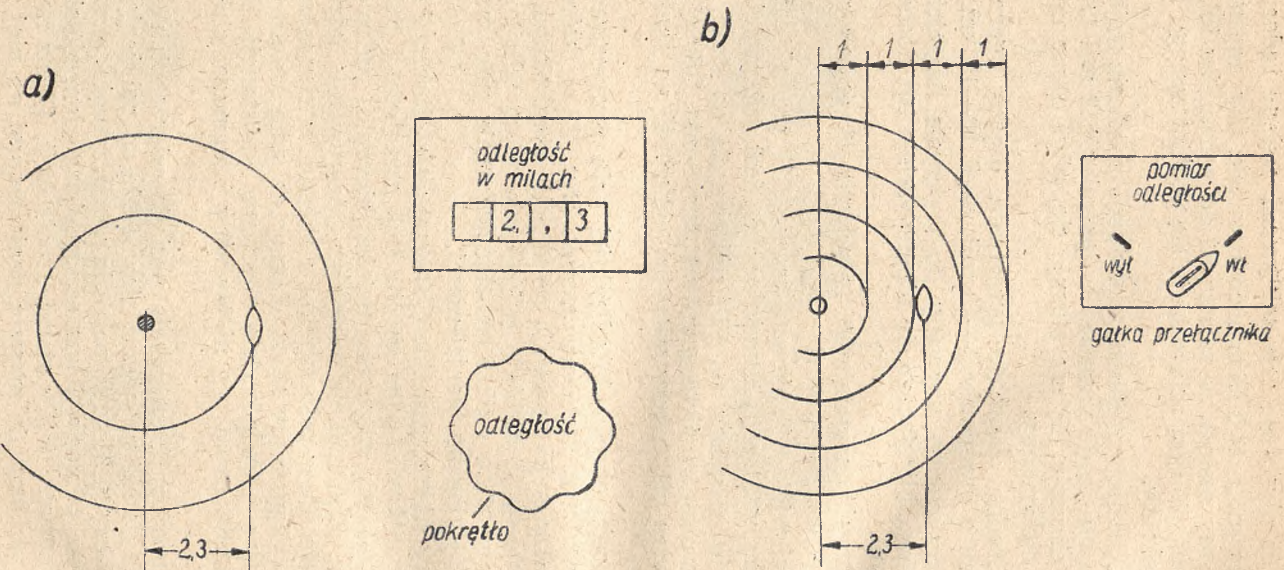
Najlepsza wielkość ekranu wynosi 17 cm (7 cali). Na większych oscyloskopach jasność obrazu jest już mniejsza.

Określenie odległości na PPI odbywa się na skali, której gałka zmienia promień świecącego się pierścienia. Gdy pierścień przechodzi przez cel, należy odczytać odległość na skali (rys. 23 a).

Drugi sposób określania odległości celu przeprowadza się za pomocą pierścieni koncentrycznych (rys. 23 b), które przy włączeniu przełącznika powstają na ekranie oscyloskopu. Pierścienie oddalone są od siebie o jednakową znaną odległość (np. 1 milę) i dzięki temu można określić położenie celu znajdującego się między dwoma pierścieniami.

W starszych konstrukcjach wierzchołek ekranu PPI odpowiadał kierunkowi dzioba okrętu (lub samolotu) i położenie celu odczytywało się względem dzioba (kierunku ruchu okrętu lub samolotu). Konstrukcja taka była niewygodna, gdyż przy każdym skręcie obraz celu uciekał z ekranu w kierunku przeciwnym niż wykonywany skręt, ciągnąc za sobą świetlną smugę spowodowaną bezwładnością świetlaną substancji ekranu. Obraz na ekranie stawał się niewyraźny i wymagał stałej obserwacji.

Nowa ulepszona konstrukcja posiada wierzchołek ekranu PPI skierowany stale na północ niezależnie od położenia i kierunku ruchu okrętu. Meta ta pozwala na odczytanie bezwzględnego (względem północy) i względnego (względem okrętu) położenia celu i usuwa wady starej konstrukcji. Obraz na ekranie staje się podobny do mapy z naniesionymi na niej ruchomymi obiektami.



Rys. 23. Pomiar odległości za pomocą ruchomego pierścienia i skali (a) oraz za pomocą pierścieni koncentrycznych (b)

Wielkości aparatury radarowej różnią się znacznie w zależności od celów, jakim służą. Małe aparatury dla celów desantowych są łatwo przenośne i obsługiwane przez 3—4 ludzi. Wielkie instalacje radarowe wymagają wykwalifikowanej i licznej obsługi sięgającej kilkuset ludzi.

Istnieją również poważne różnice konstrukcyjne między radarami różnych typów i przeznaczenia.

Dla nawigacji powietrznej i „ślepego lądowania" połączono aparaturę radarową z telewizyjną w tzw. teleran. Na ekranie oscyloskopu teleranu pilot widzi mapę terenu, nad którym znajduje się, oraz swój samolot i samoloty sąsiednie w postaci świetlnych plamek poruszających się po mapie.

Radiolokacja coraz bardziej rozszerza swój zakres, krystalizuje się i przekształca się w oddzielną gałąź techniki o pierwszorzędnym znaczeniu wojskowym. Aparatura radarowa coraz bardziej udoskonala się i jednocześnie komplikuje, a obsługa jej wymaga coraz większej ilości dobrze wyszkolonych fachowców.

Polska literatura popularna wojskowa i cywilna o radiolokacji:

1. PRZEGLĄD ŁĄCZNOŚCI. Rok 1947, zeszyt 1. styczeń—marzec. *por. Gresiukiewicz.* Zarys rozwoju „Radaru" jako nowego środka obrony podczas ostatniej wojny.
2. BELLONA. 1947 r. luty — zeszyt 2. *Kpt. inż. Sacharewicz* — „Radar", jego taktyczne zastosowanie w ubiegłej wojnie.
3. PRZEGLĄD PIECHOTY. 1947 r., zeszyt 1—2 styczeń—luty. *Kpt. inż. Sacharewicz* — „Radar" w piechocie.
4. WOJSKOWY PRZEGLĄD LOTNICZY 1947 r. styczeń—luty. *Mjr Łagowski* — Opis niektórych radarowych urządzeń nawigacyjno-bombardierskich.
5. PRZEGLĄD ARTYLERYJSKI 1946 r., zeszyt 11—12 listopad — grudzień E. B. Radar.
6. PRZEGLĄD TELEKOMUNIKACYJNY nr 11—12 1946 r. — Podstawowe równanie radiolokacji.
7. WIADOMOŚCI TELEKOMUNIKACYJNE 1946 r. nr 5—6, *inż. St. Ryżko* — „Radar".
8. RADIO nr 1—2 styczeń—luty 1947 r., *inż. J. B.* — Fizyczne podstawy pracy klistrona.
9. RADIO nr 4—5, 6, 7, 8, 9 czerwiec—listopad 1946 r., *inż. Ziółkowski* — Postępy w dziedzinie radionawigacji (radiolokacji).
10. RADIO nr 6, 7, 8, 9 sierpień—listopad 1946 r. *B. A. Wniedenskij* i *J. I. Kaznaczejew* — Fale ultrakrótkie.
11. PRZEGLĄD MORSKI nr 2 1947 r. *Kmd. por. inż. Z. Nowicki* — Zarys historii radaru.

Kpt. mar. M. Wróblewski — Ogólne zasady systemu Loran.

ARKUSZ POPRAWEK

do „Przeglądu łączności" zeszyt 1/48

Str. lub rys.	Wiersz		Jest	Winno być
	od góry	od dołu		
51	12		gniazwo	gniazdo
52		7	przłącznik	przełącznik
61		3	okrelenia	określenia
64	6		1 ɥ sek.	1 μ sek.
64		3 i 4	odległogłość	odległość
73		16	(999 ɥ sek.	(999 μ sek.
74	14		=200000—1500000 cykli	1200000 – 1500000 cykli

SPROSTOWANIE

1. W numerze 4 „Przeglądu Łączności" z roku 1947 w artykule mjr Zórniaka „Budowa linii stałej" wkradły się pewne nieścisłości, które należy poprawić.

a) na str. 272, w wierszu 4 od góry wykreślić należy wyraz: — stałej.

b) w załączniku na str. 292, w kolumnie 7, poz. 11, wiersz 1 powinien brzmieć: motowidłowe według ilości przewodów.

c) w załączniku na str. 293, w kolumnie 3, poz. 14 należy dodać w nawiasie: — (para zacisków).

d) w załączniku na str. 274, w tytule w drugim wierszu zamiast: „z przeniesieniem", powinno być: „z podwieszeniem".

2. W tym samym numerze w art. mjr Blumena „Organizacja i montaż węzła radiowego" na stronie 300, drugie zdanie od góry powinno brzmieć: — „W ten sposób na miejscu pracy starszego radiotelegrafisty przy łącznicy manipulacyjno - telefonicznej zgrupowane są trzy aparaty telefoniczne, pozwalające na porozumienie się z dyżurnym łączności sztabu, z węzłem t/t oraz z miejscami ustawienia nadajników".

Redakcja Przeglądu Łączności